# كتاب

# الاصول الوافيه في علم القسموغرافيه

تأليف

حضرة حسن افندي سني

مدرس رياضه بمدرسة المهندسخانه الخديويه

قررت نظارة المعارف العموميه استعمال هذا الكتاب بالمدارس الاميرية

---



(الطبعة الاولى)

بالمطبعة الكبرى الاميريه ببولاق مصر المحميه

سنة ١٨٩٠

افرنجيه

# كتاب

# الاصول الوافيه في علم القسموغرافيه

---

تأليف


حضرة حسن افندى حسنى

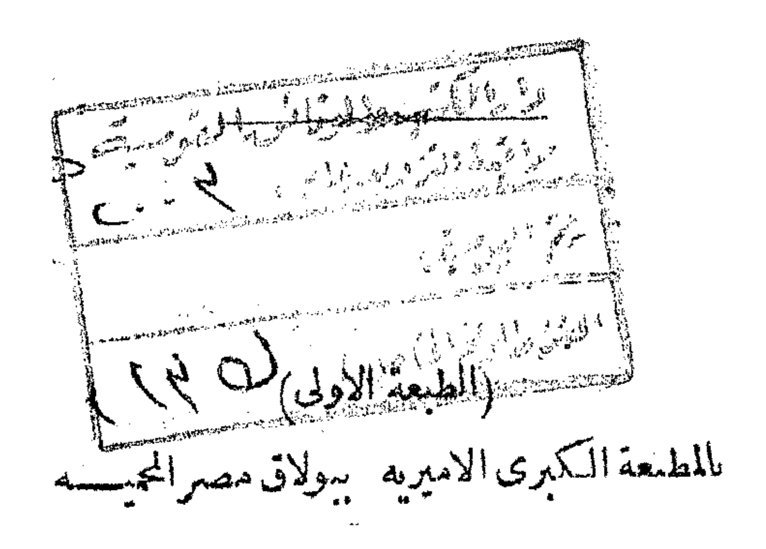
مدرس رياضه بمدرسة المهندسخانه الخديويه


---

قررت نظارة المعارف العموميه استعمال هذا الكتاب بالمدارس الاميرية

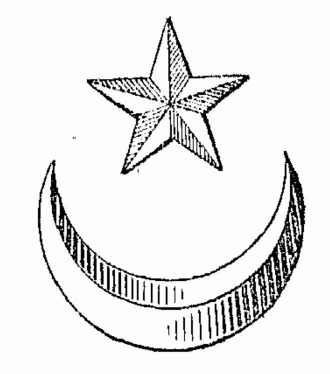
---






(الطبعة الاولى) ١٢٩٥

بالمطبعة الكبرى الاميريه ببولاق مصر المحميه



( بسم الله الرحمن الرحيم )

لك يا مدبر هذا العالم من معاني الحمد نظام بديع وليس في الامكان ويا مقدّر الليل والنهار من معالي المجد بناء رفيع ثابت الاركان هما في أفق هذا التأليف مركز الدائرة وفي سماء هذا التصنيف نجومها الزاهرة فسبحانك فاطر السموات بعظيم قدرتك على طبق ما أراده علمك المكنون وبارئ الشمس والقمر بحسبان حكمتك فلا الليل سابق النهار وكل في فلك يسبحون والصلاة والسلام على شرف مراتب الوجود وأوج منازل السعود الذي علا مقامه فوق السماكين حتى كان قاب قوسين وعلى آله وأصحابه نجوم الاهتداء وأدلة الاقتداء ( أما بعد ) فلما كانت حاجة الناس الى العلوم بحجة الورد والصدر ومحجة الجاهد لنيل الظفر فهي داعية طلابها والباعث لتزاحم طلابها فمدرك وقاصر بعد الجد سيان ومقارف ومقارب مع السعي مستويان اذ كل منهما مجتهد وعلى المرء أن يجد وان لم يجد وكان هذا حكم المتعلمين فهو سار عند المؤلفين والمعلمين اذ بين افرادهما ولا شك تباين في الغاية

فمن بالغ أوج المعالي مكانة * ومن باهت قد كل في الافق ناظره

ولكن لا يصلح الاكداء في الشيء معذرة لمن ضن به فان المقل قد يكون سمحا وان قصر طولب بالبذل فعليه تبعة التقصير كرب المكثر ورب نذر صادف القبول فصادف الحظ وذلك هو ما بعث في روح الامل ودعاني الى تصنيف كتابي هذا في علم نزح عن هذه الديار ريثما جفته أبناؤها وان كان لم يزل اليها حنينه ونسبته

كنور الشمس مطمح كل عين * وحاجبها اذا سدلته حاجب

وما على الناظر غير رفع الحاجب وقد مضى حين من الدهر على الامة المصرية وأضواء المعارف دونها حجب موانع وغاشيتها مضلات النفوس حتى طلع فجر الهدى الصادق وأشرقت شمس العلم في أفق عصر منح مصر نور التوفيق

فمن هديت اهتدى أولا فلا عجب * أن ليس يدري بسر الذات أسماء

قد يهتدي بنجوم الليل ذو بصر * وقد يضل ضياء الشمس عمياء

فكان للجسم الهار وحا بعثت فيه حركة الحياة النافعة فنشطت الاعضاء للعمل وعمرت المدارس وكان من تمام عناية الله أن وفق لصاحب التوفيق رجالا بهممهم تسنى لسموه أن يجيب صوت الامة الخافت لاعادة مجدها وارجاع سعدها فلئن كانت الادارة منحت نفحة الرياض فالمعارف أفقها مبارك الطالع وربها على الهمة يعنيه فلاحها ويهمه نجاحها فهو لها الاب الرحيم من قبل ومن بعد فهو الوزير الذى دانت له المعارف وأقامت ذكره العلوم والعوارف وربته فى مهدها صغيرا وحلته بمجدها كبيرا فهو الآن ومن قبل يوفى ذلك الدين بتشييد بنيانها وتجديد عزها بعد هوانها والبرهان على انه رجلها الوحيد ما نراه من انتشار أندية العلم واتساع نطاق المدار فى ارجاء القطر وقد عهدها بأساتذة سمت أفكارهم وأسند ادارتها الى رؤساء هم أعلم بواجبها وأحرص الناس على القيام بواجبها وكان ولا شك فى مقدمتهم حضرة العالم العامل الرياضى الشهير احمد ذهنى بك ناظر مدرسة المهندسخانه من أجلهم عملا وأرقاهم همة وأشدهم مسارعة الى القيام بحقوق البلاد العلمية قد أسندت الى همته عهدتها فدبرها وأحسن نظامها وادارتها وأكسبها الذكر الحسن والشهرة السامية وقد أشار على أن أؤلف كتابا فى القسموغرافيه باللغة العربية يجمع أصول العلم باسلوب يقرب تناوله وأنموذج يسهل على الافهام تداوله اذ لم يكن لهذا الفن مع اتساع نطاقه وشدة الحاجة اليه وعظم منفعته كتاب غير ما ألف باللغات الاجنبية وكنت أنا ممن تدعوه العواطف الوطنية الى الشروع فى تأليف كتاب كهذا بلغة الامة لتنافر أذهان المتعلمين وتجافيها عن قبول المؤلفات الافرنجية لولا ما أعانيه من مشقة التلخيص والتحضير ولست أكبر هذا العناء فى جانب خدمة عهدت بى اذ كنت المنوط بتعليم هذا الفن الجليل فلبيت دعوته على اعتراف منى بالقصور لولا عون الامل ودعوة الداعى وخدمة العلم ومنفعة البلاد وسميته (الاصول الوافيه فى علم القسموغرافيه) ولم أراع فى ترتيب أوضاعه وتنسيق اسلوبه كفاءة طلابه من أبناء المدارس العاليه بل أردت تعميم المنفعة وتتميم الفائدة بوضعه فى قالب يكاد يرفع عن معناه القناع ويعرب عن حقائقه بمجرد الاطلاع فقليل الالمام فى الرياضة كفيل بالوصول الى معناه كيلا يكون على العلم حجاب ولا يعز التحصيل على الطلاب

هذا وحظ العامل أن يمنحه الغير نظر القبول فالنفع متوقف عليه وتمام كل شئ به واليه وما يكون فيه من خطأ فالانسان مصدره وما لليراع ذنب فيه وها أنا أتبرأ اليك أيها المطلع من دعوى الاعتصام من الخطأ والخطل والزلل وأشرع فيما قصدت فأقول والله خير كفيل وهو حسبى ونعم الوكيل

# الباب الاوّل
## فى السماء

## الفصل الاوّل
### الشرق والغرب — الرأسى — السمت — الكرة السماوية — الزاوية السمتية — التيودوليت

١ — منظر القبة السماوية — اذا أراد الانسان النظر الى السماء وكان فى محل مكشوف ليس فيه ما يمنع امتداد النظر الى جميع الجهات فان الفراغ غير المحدود الذى تجرى فيه الكواكب كالشمس نهارا والنجوم ليلا يظهر على شكل قبة عظيمة تغطى جميع الافق . فاذا كان هذا الافق فضاء متسعا أو كان هو سطح البحر فالخط الفاصل بينه وبين السماء محيط دائرة يشغل الرائى مركزه

وما يتراآى من انخفاض قبة السماء أعنى قربها من رؤسنا عن جهة الافق فهو بسبب توسط الجوّ الذى لطبقاته كثافة كلية تأخذ فى الازدياد كلما انخفض أى مال الشعاع البصرى . والهواء الجوى هو الذى يعطى السماء وهى خالية من السحب اللون الازرق المفتوح وضوء الشمس يجعل هذا اللون صافيا رائقا مدّة النهار فتى غاب الشفق وحل الليل صارت زرقته شديدة العتمة ومما يؤيد ذلك أن لونها يكون أكثر حلاكة اذا ارتقى الانسان جبلا حتى لو أمكن رؤية السماء من نهاية الجوّ لوجدت سوداء بالكلية

وحينئذ فرؤيتنا للكواكب ليست الا من وراء حجاب . ولابد أن نعلم أن جميع الظواهر السماوية تحصل من وراء الغلاف الهوائى ولا يفوتنا أن الارض هى أيضا كوكب كسائر الكواكب التى تجرى فى السماء

٣ — شروق النجوم وغروبها — اذا انتقل الراصد من مكان الى مكان آخر من سطح الارض تغير أفقه وتغير منظر السماء ولكن هنالك ظاهرة لا تتغير بتغير الآفاق وهى شروق النجوم وغروبها وحركتها المشتركة فى القبة السماوية التى مدتها يوم تقريبا

ألاترى أن الشمس عند ظهورها تأخذ فى الارتفاع شيأفشيأ ثم بعد ذلك تأخذ فى الانخفاض حتى تختفى فى نقطة من الافق مقابلة للنقطة التى ظهرت منها فظهورها يسمى شروقا واختفاؤها يسمى غروبا وبعد اختفائها يأخذ النور فى الضعف شيأفشيأ ويتبع الليل النهار وتظهر السماء مرصعة بجملة نقط مضيئة تسمى نجوما

واذا نظرنا الى هذه النجوم نراها تتحرك فى جهة واحدة هى جهة حركة الشمس مدة النهار وتتظاهر من تلك الجهة التى أشرقت منها الشمس نجوم لم تكن من قبل وتختفى أخرى فى الجهة المقابلة لها بمعنى أن النجوم تشرق وترتفع عن الافق ثم تأخذ فى الانخفاض حتى تغرب على التعاقب فى مدة الليل ويشترك القمر فى جميع هذه الظواهر غير أن نقطتى الشروق والغروب لكل نجمة نجمة لا تتغيران فى المحل الواحد بخلافهما بالنسبة للشمس والقمر وبعض كواكب أخرى

٣ — الشرق والغرب — جهة الافق التى تشرق الكواكب منها تسمى شرقا والجهة المقابلة لها تسمى غربا

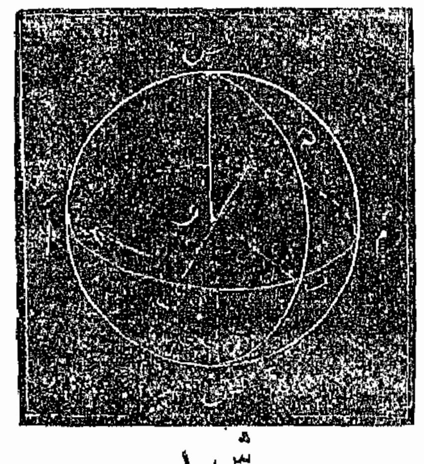
٤ — الرأسى — السمت والنظير — رأسى أى محل هو الاتجاه الذى يأخذه خيط الرصاص فى هذا المحل وهذا الاتجاه عمود على سطح المياه الراكدة فاذا امتد الرأسى من أعلى فانه يقابل الكرة السماوية فى نقطة تسمى سمت الرأس أو السمت فقط واذا امتد الى أسفل فانه يقابلها أيضا فى نقطة مقابلة للاولى تسمى سمت القدم أو النظير

٥ — الافق الظاهرى — الافق الحقيقى — الافق هو كل مستو عمود على الرأسى فاذا مر بعين الراصد سمى أفقا حقيقيا والافق الظاهرى هو المحدد لنظر الراصد وأما الافق الرياضى فهو المستوى المماس للكرة الارضية فى نقطة وضع الراصد وهذه المستويات الثلاث تكاد أن تنطبق ومتى أطلقنا الافق فالمراد به الافق الحقيقى فى الغالب

٦ — الكرة السماوية — مستوى أوّل الرأسيات — نتوهم كرة نصف قطرها غير محدود ومركزها منطبق على مركز الارض والى هذه الكرة المتوهمة التى نسميها بالكرة السماوية تنسب أوضاع الكواكب وحركاتها وبسبب صغر نصف قطر الارض بمقارنته بابعاد الكواكب المذكورة عنا كما يتضح فيما سيأتى يمكن أن يفرض أن مركز الكرة السماوية هو عين الراصد أو هو مركز الارض بمعنى أن الاشعة البصرية الممدودة من مركز الكرة السماوية أو من عين الراصد أو من مركز الكرة الارضية تقابل جميعها الكرة السماوية فى نقطة واحدة ولكن هذا الامر لا يتأتى بالنسبة للشمس والقمر ولكل سيار وبالجملة لاى جرم سماوى لا يمكن اعتبار بعده عنا غير محدود بالنسبة لابعاد الارض

والافق هو دائرة عظيمة من الكرة السماوية قطباها هما طرفا الرأسى أعنى السمت والنظير وكل مستو يمر بالرأسى يكون عمودا على الافق ومستوى أوّل الرأسيات هو الذى يعتبر مبدأ لقياس الزوايا التى تكوّنها المستويات الرأسية فيما بينها أو التى تكوّنها آثارها على الافق. واعتبار هذه الزوايا نافع فى تعيين الوضع الذى تشغله نجمة مّا على الكرة السماوية فى لحظة معينة

٧ — الزاوية السمتية — الارتفاع — البعد السمتى — الزاوية السمتية هى الزاوية الكائنة بين مستوى أوّل الرأسيات وأى مستو رأسى آخر وليكن ا اَ مستوى الافق (شكل ١) فوضع نجمة مّا مثل ه يكون معينا تعيينا تاما اذا علم سمت المستوى الرأسى المشتمل على هذه النجمة أعنى الزاوية ب و بَ التى يصنعها هذا المستوى الرأسى مع مستوى أوّل الرأسيات وعلم القوس ه س الذى يقدر بعدها الزاوى عن السمت المسمى بعدها السمتى أو علم القوس ه ب الذى يقدر بعدها الزاوى عن الافق المسمى ارتفاعها



ش ١

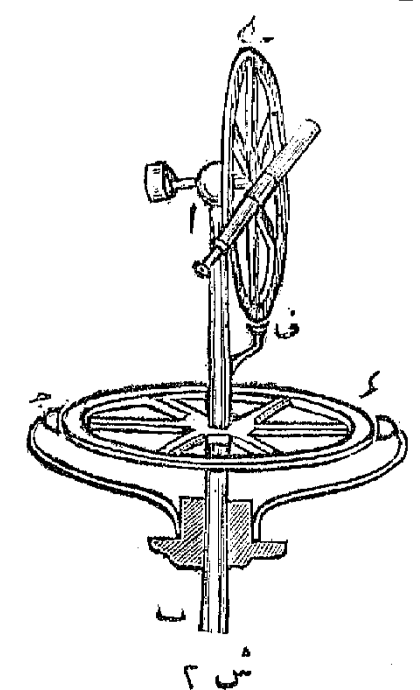
والبعد السمتى والارتفاع لنقطة واحدة حيثما اتفق من القبة السماوية هما قوسان متممان لبعضهما لان السمت والافق متباعدان بقدر ٩٠°

وتحسب الزوايا السمتية بالابتداء من مستوى اول الرأسيات من ٠° الى ٣٦٠° وأما الابعاد السمتية فمن ٠° الى ١٨٠° والارتفاعات من ٠° الى ٩٠° وتكون موجبة اذا كانت فوق الافق وسالبة اذا كانت تحته

وسيأتى بيان النقطة من الافق التى يمر بها مستوى أوّل الرأسيات وهى المجعولة مبدأ للاقواس التى تقدر الزوايا السمتية

٨ — التيودوليت — قياس الزوايا السمتية والابعاد السمتية — التيودوليت هو الآلة المستعملة لقياس الزوايا السمتية والابعاد السمتية المسماة بالاحداثيات السمتية وهو يتركب من دائرتين مدرجتين احداهما ى ف رأسية وتتحرك حول محور أفقى وتحمل نظارة تتحرك كذلك فى مستويها وعلى حافة هذه الدائرة يقاس البعد السمتى لاى نجمة وأما الدائرة الاخرى ح ى فهى أفقية وتحمل عضادة تتحرك حول مركزها وتقاسيم هذه الدائرة تستعمل لقياس الزوايا السمتية

والمحور الافقى الذى تتحرك حوله الدائرة الرأسية محمول على محور رأسى ا ب قائم فى مركز



ش ٢

الدائرة الافقيـة ح ى تتحرك الدائرة الرأسية حوله بحيث يمكن وضع مستويها فى مستو رأسى حيثما اتفق وتتبع العضادة هـذه الحركة ووضعها فى كل لحظة يدل على الزاوية السمتية للدائرة الرأسية متى كانت الآلة موطنة بحيث يكون صفر تقاسيم الدائرة ح ى منطبقا على نقطة الافق التى يقطعه فيها مستوى أول الرأسيات وبواسطة المسامير المقلوظة الموجودة فى كرسى الآلة مع الموازين ذات الفقيعة الهوائيـة يجعـل المحور ا ب رأسـيا بالضـبط وبالتبعية له يصـير المحور الآخر أفقيا بالضبط و (شكل ٢) يبين رسم التيودوليت مختصرا

---

# الفصـــــــل الثـانى

## الحركة اليومية ــ محور العالم ــ مستوى الزوال ــ البعد السمتى للقطب ــ الآلة الاعتداليـــة

٩ ــ قوانين الحركة اليومية ــ اذا جعلنا الشرق عن يميننا والغرب عن يسارنا ونظرنا الى جزء السماء الذى أمامنا فاننا نجـد نجوما لا تغرب وترسم فوق الافق منحنيات مقفلة تكاد أن تكون مستديرة واحدى هذه النجوم تظهر غير متحركة فى السماء والنجوم المجاورة لها ترسم حولها منحنيات صغيرة والبعيدة عنها ترسم منحنيات كبيرة وكذلك نجد نجوما تغرب فى الغرب لتظهر ثانيا فى الشرق بعـد مسافة زمنية ويتهيأ للرائى ان الكرة السماوية ومعها جميع الكواكب تدور من الشرق الى الغرب حول مستقيم مار بعينه وبالقرب من النجمة الثابتة وهذه الحركة الظاهرية هى ما تسمى بالحركة اليومية وهى تابعة لقوانين مخصوصة نذكرها فنقول

القانون الاوّل ــ المنحنيات أو خطوط السـير التى ترسمها النجوم على الكرة السماوية هى أقواس من دوائر متوازية ذات قطب واحد هو نقطة من هذه الكرة السماوية غير متغيرة

القانون الثانى — كل نجمة ترسم موازيها بحركة منتظمة وجميع النجوم على اختلاف أبعادها عن القطب تقطع محيطات موازياتها بتمامها فى مدة واحدة ويسهل تحقيق صحة هذين القانونين بواسطة التيودوليت بأن تؤخذ نجمة معينة ومن وقت الى وقت فى أثناء ليلة واحدة تقاس أبعادها السمتية وزواياها السمتية المطابقة لهذه الابعاد السمتية فكل جملة من القياسات تعين نقطة من خط السير ولتكن د و دَ و دً و دٌ ... (شكل ٣) أوضاع النجمة على كرة صناعية دائرتها العظمة اأَ هى أفق المحل وليكن و سـ هو الرأسى فاذا أمر بثلاث من النقط المتحصلة المذكورة محيط دائرة يرى أن هذا المحيط يمر بالنقط الاخرى

ويتحقق أيضا أن الاقواس د دَ و د دً ... ذات أطوال مناسبة المسافات الزمنية الفاصلة للارصاد المتعاقبة أعنى مناسبة للازمنة التى استعملتها النجمة فى قطع تلك الاقواس

واذا أجرى هذا العمل لجملة نجوم أخرى سهل التحقق من كون جميع محيطات الدوائر التى ترسمها النجوم ذات قطب واحد

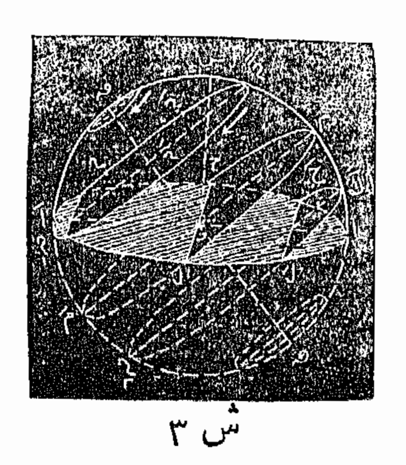
١٠ — محور العالم — القطبان السماويان — ينتج من القانونين السابقين ان الحركة اليومية ترى كأن السماء بأكملها تدور كأنها قطعة واحدة من الشرق الى الغرب بسرعة منتظمة حول خط ثابت يتغير ميله على الافق اذا غير المحل الجارى فيه الرصد (اذا تغير العرض الجغرافى) ويلاقى الكرة السماوية فى نقطتين متقابلتين على قطر واحد غير متغيرتين (١) وهذا الخط هو ما يسمى محور العالم والنقطتان اللتان يلاقى الكرة السماوية فيهما تسميان بالقطبين السماويين اللذين لا يظهر فوق أى افق الا أحدهما

وهذه الحركة ليست الا حركة ظاهرية والحقيقة ان الارض هى التى تتحرك حركة منتظمة دورانية (رحوية) مدتها الثابتة يوم نجمى وهذه الحركة حاصلة فى جهة مضادة لجهة الحركة اليومية أعنى من الغرب الى الشرق ومحور العالم ما هو الا محور دوران الارض ممتدا حتى يلاقى سطح الكرة السماوية

١١ — خطوط سير النجوم — الموازيات — دائرة المعدل — نتكلم الآن على الاحوال التى تتميز بها الحركة اليومية على افق معلوم فنقول

(١) عدم التغير الذى ذكرناه هو ظاهرى لا نا سنرى فيما سيأتى أن اتجاه محور العالم يتغير بتوالى الازمنة ولكن ببطء عظيم يسوغ اعتبار القطبين السماويين نقطتين ثابتتين

لما كان المحور الحاصلة حوله الحركة مائلا على وجه العموم على افق الراصد تكون خطوط السير التى ترسمها النجوم موجودة فى مستويات عمودية على المحور المذكور وبناء على ذلك تكون متوازية غير أن أنصاف أقطارها ليست متساوية كما يتبين من (شكل ٣) ويرى انه كلما كانت النجمة قريبة من القطب كان نصف قطر المحيط الذى ترسمه صغيرا وكانت حركتها بطيئة مع ان السرعة الزاوية لجميع النجوم واحدة كما ذكرنا فيما سبق والنجمة الموجودة فى القطب نفسه تكون غير متحركة



ش ٣

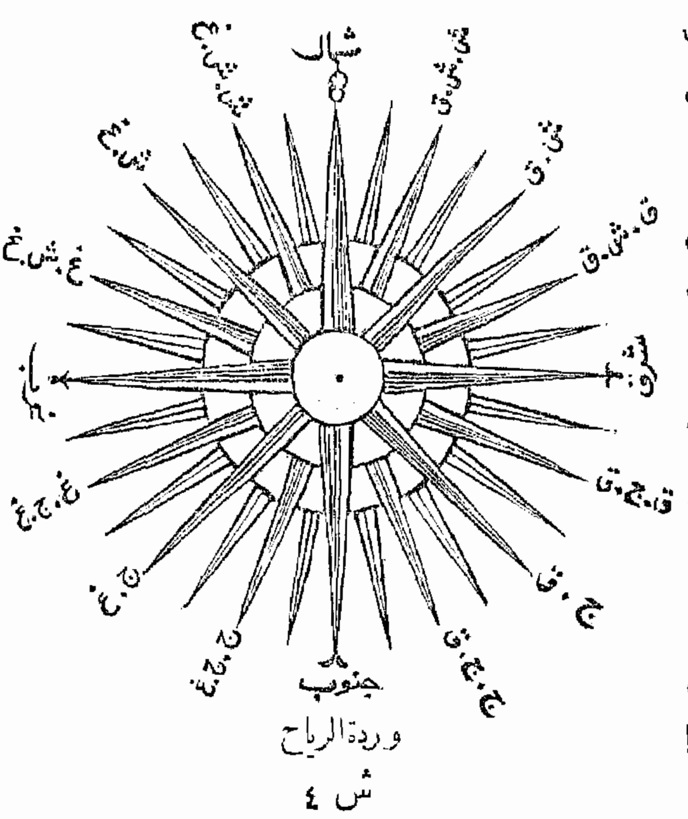
وأما النجوم البعيدة عنه بقدر ٩٠° فانها ترسم محيط دائرة عظيمة من الكرة هو ع م ل

وخطوط سير النجوم ليست دوائر غير متساوية فقط بل الافق يقطعها الى قسمين غير متساويين بحيث ان الزمن الذى يمضى بين لحظة شروقها ولحظة غروبها يتغير من واحدة الى أخرى فما النسبة لجميع النجوم التى على بعد من القطب أقل من ٩٠° تكون مدة ظهورها أو وجودها فوق الافق أكبر دائما من مدة وجودها تحته أعنى من المدة التى تكون غير منظورة فيها وتوجد جملة نجوم مجاورة للقطب تبقى الموازيات التى ترسمها فوق الافق بأكملها فتكون على الدوام منظورة ولا شروق ولا غروب لها ولا تختفى عن الاعين الا متى غلب نور النهار ضوءها وتسمى آبدية الظهور

والموازى م مَ الممدود على بعد ٩٠° من أحد القطبين يقسمه الافق الى قسمين متساويين وهذا الموازى هو دائرة المعدل وبعد هذا الموازى مع التباعد عن القطب تأخذ أجزاء خطوط سير النجوم الموضوعة فوق الافق فى النقص شيأ فشيأ وتزداد مدة غروب النجوم شيأ فشيأ حتى انه فى الجزء الغير منظور من الكرة السماوية توجد نجوم لا تظهر فوق افق المحل البتة

١٣ — التوسط — مستوى الزوال — اذا أمر بالرأسى أو بالسمت و بمحور العالم مستو فان هذا المستوى يكون رأسيا وله خاصة مهمة وهى أنه يقسم الكرة السماوية الى قسمين متماثلين بالنسبة للاقواس اليومية المرسومة بالنجوم وأجزاء هذه الاقواس الموجودة فوق الافق يقسمها هذا المستوى الى جزأين متساويين بسبب انتظام الحركة اليومية وتقطع النجمة هذين النصفين فى زمنين متساويين وحينما تصل نقطة منتصف خط سيرها تصل الى أعظم ارتفاع لها وتسمى رأس خط السير هذه نقطة التوسط . والتوسط هو مرور النجمة بالمستوى المذكور المسمى مستوى الزوال وأثره على مستوى الافق يسمى خط الزوال

١٣ — النقط الاصلية — وردة الرياح — عدم تغير مستوى الزوال الناشئ عن عدم تغير محور العالم جعله صالحا لان يجعل مبدأ تعد منه الزوايا السمتية فهو مستوى أول الرأسيات ونهايتا خط تقاطعه بمستوى الافق أى طرفا خط الزوال هما الجنوب والشمال وتوجد نقطة الشمال فى الجهة التى يجب أن يتجه اليها الراصد لمشاهدة القطب الشمالى السماوى والمستوى الرأسى العمودى على مستوى الزوال يعين بتقاطعه مع الافق نقطتين هما الشرق والغرب وهذه الجهات الاربع وهى الشمال والشرق والجنوب والغرب تسمى النقط الاربعة الاصلية ولهذه الجهات الاربع تنسب جميع الاتجاهات المتوسطة فاذا نصفت الزوايا الاربع الواقعة بين خط الزوال والعمودى عليه تحصل النقط المتوسطة بين النقط الاصلية وهى الشمال الشرقى والشمال الغربى والجنوب الشرقى والجنوب الغربى وبقسمة كل من هذه الزوايا الى قسمين متساويين يحصل على ٣٢ اتجاها تسمى وردة الرياح (شكل ٤)



وردة الرياح

ش ٤

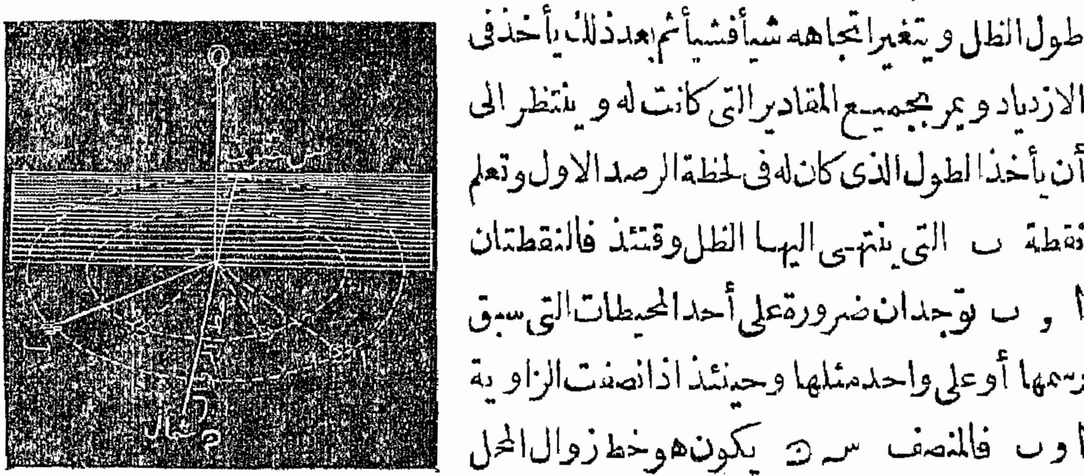
١٤ — تعيين مستوى الزوال — طريقة الارتفاعات المتطابقة — يستعمل لذلك التيودوليت بالطريقة المعروفة بطريقة الارتفاعات المتطابقة وذلك أن من المعلوم ان مستوى الزوال يقسم القوس المرسوم بنجمة فيما بين لحظة شروقها ولحظة غروبها الى قسمين متساويين وحينئذ ترصد نجمة بنظارة التيودوليت بعد شروقها ووصولها الى ارتفاع موافق وتعلم النقطة التى تقف عليها اعضادة دائرة السموت ثم بعد ان تثبت النظارة على ماهى عليه من ميلها على الدائرة الرأسية يدار الجزء العلوى من الآلة فى جهة الحركة اليومية حول المحور الرأسى حتى يتيسر بعد مسافة زمنية كافية رؤية النجمة من جديد فى بورة النظارة وفى هذه اللحظة يكون للنجمة ارتفاع مساو للذى كان لها فى لحظة الرصد الاول ثم يعلم سمت الدائرة الرأسية فى هذا الوضع أيضا فاذا رسم منصف الزاوية المحصورة بين القراءتين أى منصف الزاوية التى دارت بها الدائرة الرأسية أو قرئ على الحافة القسم الذى بين منتصف القوس المحصور بين

العلامتين وجعلت العضادة على هذا القسم كانت الدائرة الرأسية فى مستوى الزوال وتعين وضع خط الزوال بالضبط

١٥ — تعيين مستوى الزوال بطريقة الظلال المتساوية — يمكن التحصل بالتقريب على وضع خط الزوال بطريقة الظلال المتساوية

وذلك ان الشمس ولو أنها تشترك مع سائر النجوم فى الحركة اليومية ولكنها لا ترسم موازيا فيما بين شروقها وغروبها لان بعد مركزها عن القطب يتغير فى مسافة يوم كما سترى ذلك فيما سيأتى ولكن فى وقتين من السنة (نحو المنقلبين) يكون هذا التغير قليلا بحيث يمكن اهماله وحينئذ فالعملية هى

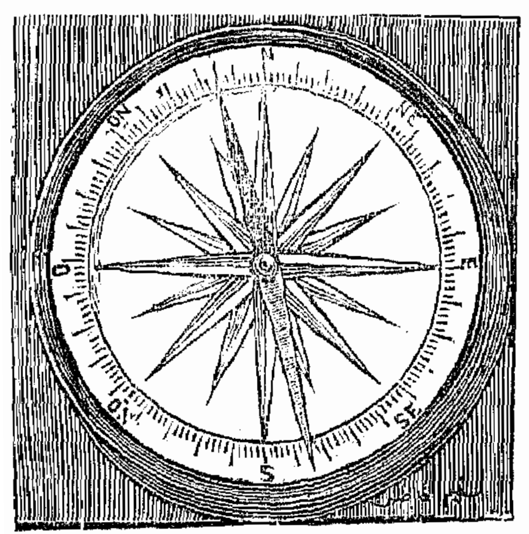
أن يغرس ساق من الخشب أو من المعدن منتهية بصفيحة معدنية مثقوبة من وسطها غرسا رأسيا بواسطة خيط الرصاص فى مستو افقى يتعين بواسطة ميزان ماء بالاعتناء التام ثم ترسم جملة محيطات دوائر مركزها موقع الشاخص وانصاف أقطارها مختلفة ثم قبل الظهر بساعة أو ساعتين تعلم نهاية ظل الشاخص وهى ا (شكل ٥) وبمجرد قرب لحظة الظهر ينقص طول الظل ويتغير اتجاهه شيأ فشيأ ثم بعد ذلك يأخذ فى الازدياد ويمر بجميع المقادير التى كانت له وينتظر الى أن يأخذ الطول الذى كان له فى لحظة الرصد الاول وتعلم نقطة ب التى ينتهى اليها الظل وقتئذ فالنقطتان ا و ب توجدان ضرورة على أحد المحيطات التى سبق رسمها أو على واحد مثلها وحينئذ اذا انصفت الزاوية اوب فالمنصف سد يكون هو خط زوال المحل الجارى فيه الرصد


ش ٥

لانه لاجل أن تتساوى الظلال يجب ان توجد الشمس ضرورة فى اللحظتين الحاصل فيهما الرصد على ارتفاع واحد فوق الافق وبواسطة الدوائر التى سبق رسمها يمكن تحقيق العملية بقدر ما يراد

١٦ — استعمال البوصلة — ويمكن كذلك تعيين خط الزوال اذا علم الانحراف المغناطيسى للمحل الجارى فيه الرصد أعنى الزاوية التى يصنعها هذا الخط مع اتجاه ابرة ممغطسة مرتكزة على حامل تدور فى مستو افقى وهذه الطريقة ضرورية لانه غير ممكن فى كل الاوقات رصد الشمس والنجوم بسبب الضباب أو السحب

والآلة المستعملة لذلك هى بوصلة الانحراف (شكل ٦) واتجاه الابرة الممغطسة ليس هو اتجاه خط الزوال بالضبط بل ان الزاوية التى يصنعها معه معلومة بالنسبة لكل محل ومنها يستخرج اتجاه خط الزوال وفى مصر تتجه الابرة الممغطسة بقدر ٥° تقريبا نحو الغرب وحينئذ يجب تدوير الآلة الى أن تصير فى هذا الاتجاه فالخط المكتوب عليه شمال جنوب يكون هو اتجاه خط زوال المحل



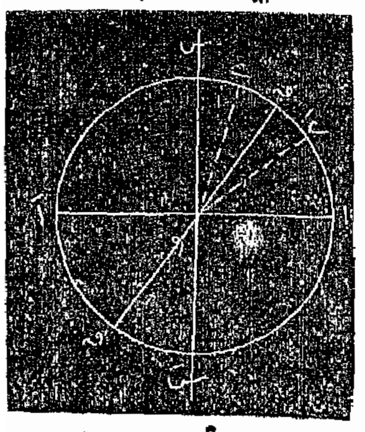
ش ٦

وحيث ان الانحراف يتغير من بلد الى آخر كما يتغير من سنة الى أخرى فى المحل الواحد فالملاحون يستعملون جداول تدلهم على مقدار هذا التغير لجميع البحار التى يسيرون فيها

١٧ — قياس البعد السمتى للقطب — بسبب الحركة اليومية تمر كل نجمة بمستوى الزوال مرتين فى مدة يوم نجمى ولكن هذان المروران لا يحصلان معا فوق الافق الا بالنسبة للنجوم الابدية الظهور وفى هذه الحالة يتميز المرور العلوى الذى يحصل حينما تتوسط النجمة عن المرور السفلى الذى فيه يكون ارتفاعها فوق الافق فى نهايته الصغرى وأما النجوم التى لها شروق وغروب فلا يرى لها سوى مرور واحد لحصول المرور الآخر تحت الافق

ومن البديهى ان المرورين العلوى والسفلى لنجمة أبدية الظهور هما على بعد زاوى واحد عن القطب ورصد هذين المرورين يوصل الى قياس ارتفاع القطب فوق الافق أو بعده السمتى بعد تخطيط خط زوال المحل من قبل

واذا يستعمل التيودوليت بأن تجعل دائرته الرأسية فى مستوى الزوال ثم ينظر الى نجمة فى لحظة مرورها العلوى أى حينما تمر بنقطة تقاطع شعرتى النظارة ويعين بعدها السمتى فى هذه اللحظة وليكن و ح (شكل ٧) هو اتجاه النظارة ثم ينظر اليها مرة أخرى فى مرورها السفلى الذى يحصل بعد مرورها العلوى بنصف يوم نجمى وليكن و حَ هو اتجاه النظارة فى الوضع الثانى ويعين بعدها السمتى فى هذه اللحظة أيضا وحينئذ يعلم البعدان السمتيان س ح و س حَ أو متمماهما ح ا و حَ ا اللذان هما الارتفاعان


ش ٧

ويتحصل بداهة

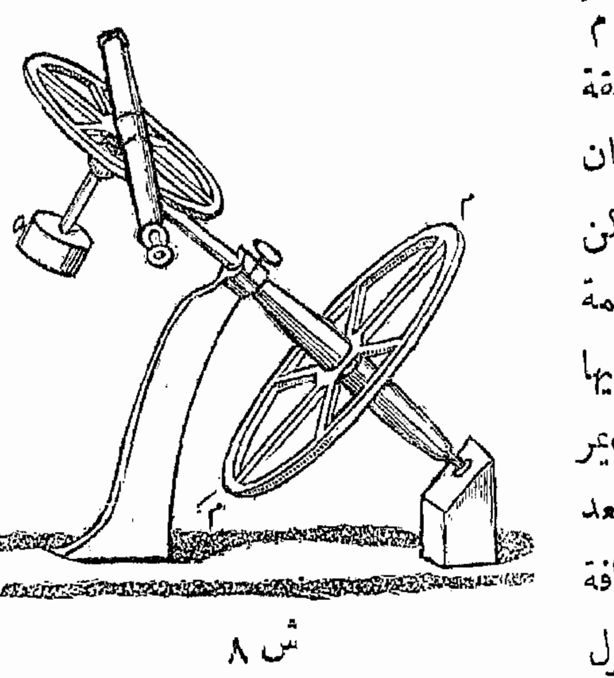
ن ا = ح ا ـــ ح ن ، ن ا = حَ ا + حَ نَ

وحيث ان ح ن = حَ نَ يحدث

ن ا = $\frac{1}{2}$ (ح ا + حَ اَ)

أعنى يتحصل على ارتفاع القطب بأخذ متوسط ارتفاعى نجمة واحدة عند مرورها العلوى والسفلى بمستوى الزوال وسترى فيما سيأتى ان ارتفاع القطب فى محل معلوم يساوى بالضبط للعرض الجغرافى لهذا المحل وهذا الارتفاع فى المحروسة يساوى ٣٠° ٣َ ٤ً

١٨ — تحقيق الحركة اليومية بواسطة الآلة الاعتدالية — قد شوهد فيما تقدم امكان تحقيق قوانين الحركة اليومية بواسطة التيودوليت ويسهل اجراء هذا التحقيق أيضا باستعمال الآلة الاعتدالية وهى عبارة عن تيودوليت قد أميل محوره الرأسى فى مستوى الزوال الى أن صار منطبقا على محور العالم (شكل ٨) ومتى ثبت فى هذا الوضع فان الدائرة التى كانت أفقية تأخذ الوضع م مَ المائل على الافق وتكون حينئذ منطبقة على مستوى دائرة المعدل وحيث ان الدائرة العليا تدور حول محور العالم فيمكن دائما جعل مستويها مشتملا على نجمة حيثما اتفق و بتحريك النظارة المثبتة فيها حول المركز يمكن توجيهها بحيث يمر محورها البصرى بالنجمة فاذا ربطت بعد ذلك برمة الضغط التى تربط النظارة بحافة الدائرة وادبرت الدائرة المذكورة حول محور الآلة فانه يرى أنه يمكن تتبع النجمة فى جميع مدة حركتها اليومية فوق الافق وهذا مما يثبت أن خط سيرها قوس من دائرة بما ان الخط الذى يرسمه محور النظارة على الكرة السماوية هو كذلك قوس دائرة




ش ٨

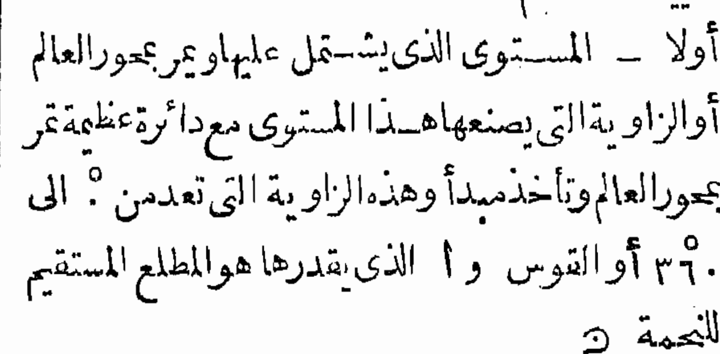
فاذا نقلت الى الآلة حركة ساعة مضبوطة فيكون لها حركة دورانية منتظمة مدتها يوم نجمى بالضبط وبهذا التركيب يمكن تتبع نجمة بدون ان تخرج عن النظارة و ينتج من ذلك ان الحركة اليومية لجميع النجوم منتظمة

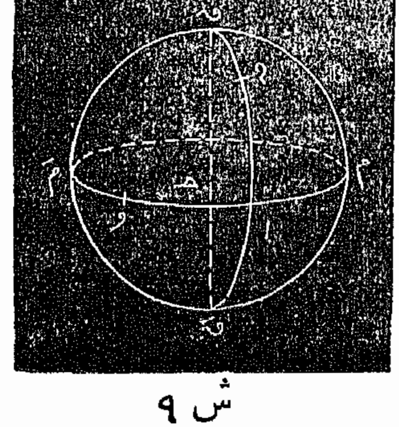
# الفصـــــل الثـالث

## المطالع المستقيمة والميل لنجمة — النظارة الزوالية — الدائرة الحائطية

١٩ — المطلع المستقيم والميل — قد رأينا فيما تقدم كيفية تعيين وضع نجمة على الكرة السماوية بقياس بعدها السمتى وزاويتها السمتية بواسطة التيودوليت ولكن هذين الاحداثيين متعلقان برأسى وافق المحل اللذين يتغيران من محل الى آخر وبلحظة الرصد فهما بناء على ذلك يتغيران بتغير المحل الحاصل فيه الرصد ودقة الرصد ولذا صار تعويضهما باحداثيين آخرين يبقيان غير متغيرين مدة مديدة من الزمن وهذان الاحداثيان متعلقان بمستو وخط اتجاههما غير متغيرين ويبقيان بعينهما مهما كان وقت الرصد ومحله أما المستوى فهو مستوى دائرة المعدل وأما الخط الثابت فهو محور العالم العمودى عليه

وليكن ح (شكل ٩) مركز الكرة السماوية و ن نَ خط القطبين و م مَ دائرة المعدل و ن نجمة حيثما اتفق فوضع هذه النجمة يتعين تعيينا تاما اذا علم


أولا — المستوى الذى يشتمل عليها ويمر بمحور العالم أو الزاوية التى يصنعها هذا المستوى مع دائرة عظمة تمر بمحور العالم وتأخذ مبدأ وهذه الزاوية التى تعد من °٠ الى °٣٦٠ أو القوس و ا الذى يقدرها هو المطلع المستقيم للنجمة ن


ش ٩

ثانيا — البعد الزاوى للنجمة عن دائرة المعدل ويقدر هذا البعد بقوس الدائرة العظمة ن ا وهذا هو ميل النجمة ن وتعد الميول من °٠ الى ± °٩٠ وتكون موجبة فى نصف الكرة الشمالى وسالبة فى نصف الكرة الجنوبى

وعوضا عن الميل يمكن قياس بعد النجمة عن القطب الشمالى أعنى البعد ن ن المسمى بالبعد القطبى ويعد من °٠ الى °١٨٠

٢٠ — دوائر الميل — الزوايا الساعية — الدوائر التى مثل ن ا نَ تسمى تارة دوائر ساعية وتارة دوائر ميل أما سبب التسمية الاولى فهو أن الدائرة ن ا نَ بسبب الحركة اليومية تدور حول محور العالم بسرعة منتظمة وترسم دورة كاملة حوله فى ٢٤ ساعة نجمية فاذا حسب الزمن بالابتداء من مبدأ اختيارى وليكن اللحظة التى مرت فيها النجمة والدائرة

بمستوى الزوال مثلا بواسطة بندول منظم على الزمن النجمى وعينت الزاوية المرسومة بالدائرة فى لحظة حينما اتفق فان مقدارها يعطى الزمن الذى مضى من ابتداء مرور النجمة بمستوى الزوال الغاية اللحظة المذكورة باعتباران كل ساعة زمنية بخمس عشرة درجة قوسية وكل دقيقة بخمس عشرة دقيقة وكل ثانية بخمس عشرة ثانية وأما سبب التسمية الثانية فواضح لا يحتاج الى بيان

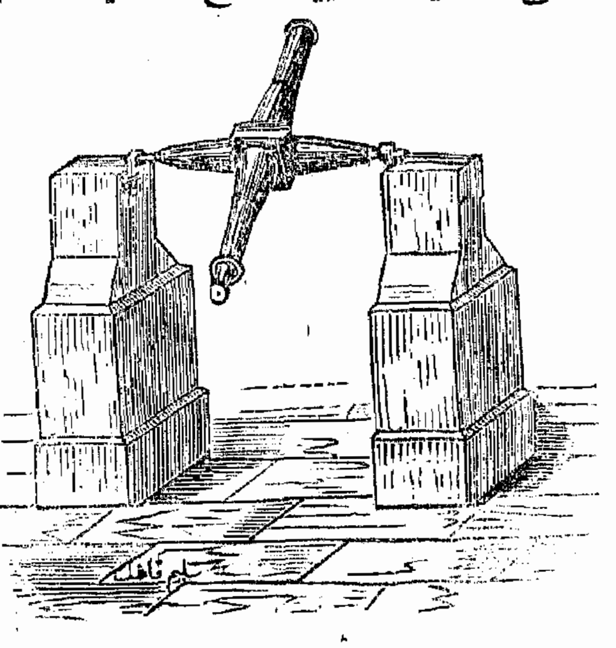
وحينئذ فزاوية الدائرة الساعية التى تصنعها مع مستوى الزوال أو الزاوية الساعية لنجمة تزداد بالانتظام من ٠° الى ٣٦٠° ويمكن اتخاذها قياسا للزمن النجمى

٢١ — أصل المطالع المستقيمة أو مبدأها — نقطة الاعتدال الربيعى — قد اتفق على جعل مبدأ اليوم النجمى لحظة المرور العلوى لنقطة من دائرة المعدل بمستوى الزوال وتسمى هذه النقطة نقطة الاعتدال الربيعى وهذه النقطة أو دائرة الميل المارة هى بها تتخذ كذلك مبدأ للمطالع المستقيمة

اذا تقرر هذا وأخذ بندول نجمى مضبوط وكان مبينا ث د س فى لحظة مرور نقطة الاعتدال الربيعى بمستوى الزوال يكفى للتحصل على المطلع المستقيم لنجمة رصد لحظة مرورها العلوى بمستوى الزوال ومعرفة لحظة هذا المرور بالضبط فالزمن الذى يبينه البندول فى هذه اللحظة محولا الى درج ودقائق وثوان يعطى المطلع المستقيم المبحوث عنه

مثلا اذا كانت الساعة ٢٫٦٢ث و ٣٣د و ١٨س فى لحظة مرور النجمة المسماة الواقع وهى ا من النسر الواقع بمستوى الزوال فان مطلعها المستقيم يكون ٣٦٫٣ً ١٥َ ٢٧٨° .

٢٢ — النظارة الزوالية — حساب المطالع المستقيمة — تعيين المطالع المستقيمة يستلزم زيادة على البندول النجمى آلة أخرى خاصة برصد مرور الكواكب بمستوى الزوال تسمى النظارة الزوالية وهى عبارة عن نظارة فلكية (شكل ١٠) محمولة بين كتفين قويين من البناء بواسطة محور افقى طرفاه اللذان على شكل اصبعين موضوعان فى سكرجتين اسطوانيتين مثبتتين فى الكتفين والمحور البصرى للنظارة عمودى على محور



ش ١٠

دورانها الذى هو المحور الافقى وهذا المحور الاخير عمودى على مستوى زوال المحل وينتج من ذلك ان المحور البصرى يرسم مستويا رأسيا ينطبق ضرورة على مستوى الزوال المذكور بمعنى أنه متى دارت النظارة دورة كاملة فالمستوى الرأسى الذى يرسمه محورها البصرى يكون هو مستوى الزوال

ولابد من ثلاثة شروط لكى تفى النظارة الزوالية بالغرض المقصود منها وهى

أولا — يجب أن يكون محورها البصرى عموديا بالضبط على محور دورانها ولتحقيق استيفاء هذا الشرط ينظر بالنظارة الى تقاسيم مسطرة توضع افقية على بعد منها او يعلم القسم الذى تنطبق عليه نقطة تقاطع شعرات حامل الشعر الذى فى النظارة ثم يرفع المحور من السكرجتين وتدار الآلة الى أن يصير أحد الصباعين فى السكرجة التى كان يشغلها الصباع الآخر وبالعكس فاذا انطبقت نقطة تقاطع الشعرات على القسم الذى انطبقت عليه فى الحالة الاولى بعينه كان الشرط مستوفى والا فيعلم القسم الجديد الذى انطبقت عليه وفى منتصف المسافة الواقعة بين القسمين المعلمين يوجد الوضع العمودى للمحور البصرى ويوجه المحور البصرى المذكور نحو نقطة منتصف المسافة المذكورة بتحريك حامل الشعر فى مستويه تحريكا عرضيا بواسطة برمته

ثانيا — أن يكون محور الدوران أفقيا بالضبط ويتحقق هذا الشرط بوضع ميزان ماء على المحور ورفع او خفض أحد طرفيه بواسطة تدوير البريمة التى تجعل احدى السكرجتين تتحرك فى الافريز الرأسى حتى تصير فقيعته فى الوسط

ثالثا — أن يكون المستوى الرأسى الذى يرسمه المحور البصرى للنظارة منطبقا على مستوى الزوال . ولتحقيق هذا الشرط يقال حيث ان محور الدوران افقى والمحور البصرى للنظارة عمودى عليه فيكون المستوى الذى يرسمه المحور البصرى رأسيا وللتحقق من انطباقه على مستوى الزوال يرصد بواسطة بندول نجمى الزمن الذى يمضى بين المرور العلوى والمرور السفلى لنجمة أبدية الظهور بالمستوى الرأسى المرسوم بالمحور البصرى للنظارة فاذا كان هذا الزمن مساويا لنصف يوم نجمى يكون المستوى المذكور منطبقا على مستوى الزوال واذا كان أكبر أو أصغر من نصف يوم نجمى فلا يكون منطبقا عليه ولحصول هذا الانطباق يحرك احد الصباعين أفقيا الى أن يحقق الرصد الشرط المذكور

٣٣ — النجوم الاساسية — يوجد عند الفلكيين جدول لجملة من النجوم الشهيرة التى يسهل رصدها بالنظارات ليلا ونهارا وقد عينوا مطالعها المستقيمة بضبط كلى ويستعمل

رصد المرورات العلويه والسفليه لهذه النجوم التى تسمى النجوم الاساسية بمستوى الزوال لاجل تنظيم البندول النجمى ويمكن أن يكون عوضا عن رصد نقطة الاعتدال الربيعى التى لا تنطبق بالضرورة عليها نجمة ما . مثلا المطلع المستقيم للنجمة المسماة قلب الاسد مقداره بالزمن هو ١٤,٨ ث و ٢ د و ١٠ س فاذا كان البندول منظما جيدا يجب حينئذ ان يبين هذا المقدار بالضبط فاذا بين فى هذه اللحظة ١٧,٥ ث و ٢ د و ١٠ س فانه يكون مقدما بقدر ٢,٧ ث ويحتسب هذا التقديم فى الارصاد التالية

وبمعرفة زمن المرور العلوى لنجمة أساسية بمستوى الزوال ثم زمن المرور العلوى لنجمة حيثما اتفق فَفرق الزمنين مطروحا طرحا جبريا من المطلع المستقيم المعلوم للنجمة الاولى يحدث المطلع المستقيم للنجمة الثانية وليس الامر محتاجا الان يكون البندول منظما على نقطة الاعتدال الربيعى بل يكفى ان يدق ثوانى نجمية

ومن رصد نجمة أساسية يمكن معرفة تقديم أو تأخير البندول وطرح أو ضم العدد المتحصل بهذه الكيفية الى زمن مرور النجمة المراد معرفة مطلعها المستقيم وهاك مثالا لذلك

يوجد فى الجداول ان المطلع المستقيم للنجمة الاساسية المسماة الطائر (من النسر) هو ٢٩,١٠ ث و ٤٥ د و ١٩ س والبندول النجمى يبين وقت مرورها بمستوى الزوال ٥٢,٥ ث و ٤٤ د و ١٩ س فيكون فى البندول تأخير قدره ١٧,٧٩ ث

والنجمة هـ مثلا التى يراد معرفة مطلعها المستقيم تمر بمستوى الزوال والساعة ٢٧,٤ ث و ٢٣ د و ٢٠ س فالزمن الحقيقى لمرورها أعنى مطلعها المستقيم مبينا بزمن (ثم بقوس) يكون حينئذ

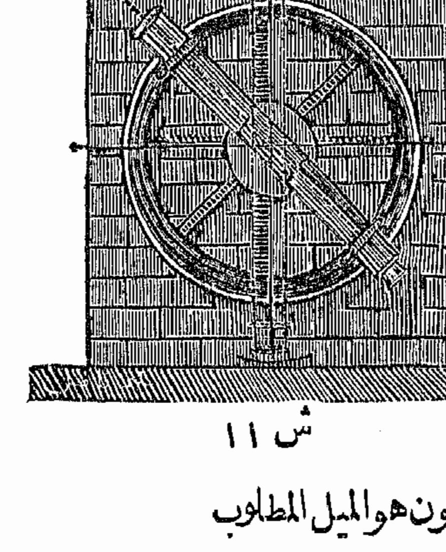
مط * هـ = ٢٧,٤ ث و ٢٣ د و ٢٠ س + ١٧,٧٩ ث = ٤٥,١٩ ث و ٢٣ د و ٢٠ س
= ١٧,٨٥ ً و ٥٦ َ و ٣٠٥ °

ويمكن كذلك اجراء الحساب بالطريقة الاولى هكذا

مط * هـ = ٢٩,١٠ ث و ٤٥ د و ١٩ س + ٢٧,٤ ث و ٢٣ د و ٢٠ س
— ٥٢,٥ ث و ٤٤ د و ١٩ س = ٤٥,١٩ ث و ٢٣ د و ٢٠ س

٣٤ — الدائرة الحائطية — قياس الميول — حيث علمت طريقة تعيين المطلع المستقيم لنجمة لم يبق الا معرفة كيفية تعيين الاحداثى الثانى وهو ميلها فتستعمل لهذا الغرض الآلة المسماة بالدائرة الحائطية وهى دائرة مدرجة (شكل ١١) مستويها منطبق على مستوى

الزوال مثبتة فى حائط رأسى وجهها فى مستوى الزوال المذكور تحمل هذه الدائرة نظارة تتحرك حول محور أفقى مار بمركزها وعمودى على مستويها وعلى ذلك ترسم النظارة بحركتها مستوى الزوال



ش ١١

ويتعين ميل نجمة بهذه الآلة بالكيفية الآتية وهى أن ترصد النجمة فى لحظة مرورها العلوى بمستوى الزوال ويقرأ على تقاسيم الدائرة بعدها الزاوى عن الصفر المطابق لسمت الرأس أولا على نقطة من حافة الدائرة وبذا يتحصل على البعد السمتى للنجمة وبطرح هذا البعد (طرحا جبريا) من البعد السمتى للقطب الذى نفرضه معلوما يتحصل على البعد القطبى للنجمة ومتمم هذا البعد يكون هو الميل المطلوب

وليكن ا س اَ مستوى الدائرة الحائطية و ن نَ محور العالم (شكل ١٢) و م مَ دائرة المعدل و س الرأسى فيكون ن س هو البعد السمتى للقطب ويكون البعد القطبى للنجمة دَ هو

دَ ن = ن س — دَ س

وميلها يكون هو

دَ م = ٩٠° — دَ ن

ش ١٢

هذا اذا كانت النجمة دَ فى شمال السمت واذا كانت فى جنوبه مثل د يحصل

د ن = ن س + د س و د م = ٩٠° — د ن

وفى هاتين الحالتين توجد النجمة فى نصف الكرة الشمالى فاذا كانت فى نصف الكرة الجنوبى أى فى دً مثلا يحصل

دً ن = ن س + دً س و دً م = ٩٠° — دً ن

والدائرة الحائطية هى نظارة زوالية ثبت فيها حافة مقسمة مستويها غير المتغير هو مستوى الزوال وتقاسيم هذه الدائرة جارية من ٠° الى ١٨٠° بالابتداء من أعلى نقطة التى يجب ان تطابق للوضع الرأسى للمحور البصرى للنظارة ويتحقق هذا الشرط الاساسى برصد النظير من وقت

الى وقت بأن يوضع أسفل الآلة اناء مملوء بالزئبق فيكون سطحه الساكن افقيا ومستويا بالضبط وحينئذ اذا وضعت النظارة فى وضع رأسى وكانت الشيئية جهة أسفل ونظر الى السطح العاكس لهذه المراية التى من سائل (الزئبق) فانه يمكن رؤية صورة شعرات حامل الشعر الذى يعتنى بتنويره بالقاء ضوء مصباح على الشعرات فمتى كانت نقطة تقاطع الشعرات منطبقة تمام الانطباق على صورتها الخاصة يكون المحور البصرى للنظارة رأسيا وفى هذه الحالة يكون متجها نحو النظير وبقراءة القسم المطابق لهذا الوضع للنظارة وطرح ١٨٠° منه يتحصل على القسم المطابق للسمت أو يتحصل على صفر التقاسيم

---

# الفصـــــل الرابـــع

## وصف السماء ـ الصور السماوية ـ النجوم المشهورة

**٣٥ ـ الاحصائيات ـ الكرات والخرط السماوية ـ** الفلكيون بمعرفتهم الطرق التى بها تعين الاوضاع المضبوطة للنجوم على الكرة السماوية أمكنهم أن ينشؤا احصائيات فيها النجوم مرتبة على حسب كبر مطالعها المستقيمة وامام كل نجمة مطالعها المستقيم وميلها واستعملوا هذه الاحصائيات لوضع النجوم بأوضاعها النسبية على كرة صناعية وذلك بان يرسم على سطح هذه الكرة الصناعية دائرة عظيمة من نقطة ما مثل ى نعتبرها القطب الشمالى مثلا وتكون هذه الدائرة العظيمة هى دائرة المعدل ثم ترسم جملة دوائر أخرى موازية لها وتكون هى الموازيات التى ترسمها النجوم تبعا للحركة اليومية ثم ترسم جملة دوائر عظيمة تدل على دوائر الميل ثم تعلم على سطح هذه الكرة جملة نقط تعين كل واحدة منها بالمطلع المستقيم والميل لنجمة مطابقة ويتحصل حينئذ على كرة سماوية كالكرات الصناعية المبينة لسطح الارض

وكذلك تنشأ خرط سماوية بطرق المساقط التى سنتكلم عليها فى بند (٢٤٩) وما يليه

**٣٦ ـ الصور السماوية ـ النجوم الاصلية ـ** لاجل مساعدة الذاكرة فى دراسة النجوم قسموها من القدم الى مجموعات متميزة تسمى الصور السماوية وهى صور كائنات حية وغير حية تصوروا رسمها على الكرة السماوية وليس كل هذه الصور مشابهة لمسمياتها بل البعض فقط وذلك كالنجوم الاصلية من صورة الثور فان لها وضعا مثلثيا يشابه نوعا للجزء العظمى من رأس هذا الحيوان وكذا العقرب والاكليل والحية والتنين

ولبيان نجوم كل صورة تستعمل الحروف الهجائية فالحروف ا و ب و ح و د تدل على أربعة نجوم أصلية من كل صورة بحيث انه بالمرور من صورة الى أخرى تكون هذه الحروف مبينة لنجوم تختلف عن بعضها فى الضوء

٣٧ — عدد الصور — قد عد (بطليموس) ٤٨ صورة منها ٢١ فى الشمال و ١٥ فى الجنوب و ١٢ فى الجزء المتوسط بالقرب من دائرة المعدل فى المنطقة التى يظهر ان الشمس تقطعها فى سيرها السنوى ويشتمل مجموع هذه الثمان والاربعين صورة على ١٠٢٩ نجمة منها ٣٦١ للصور الشمالية و ٣١٨ للصور الجنوبية و ٣٥٠ للصور المنطقية

والاثنتا عشرة صورة المنطقية اعتبرت المنازل المتتالية للشمس فى مدة سنة واسماؤها هى

حمل . ثور . جوزاء . سرطان . أسد . سنبله . ميزان . عقرب . قوس او رامى جدى . دلو . حوت . وهى مجموعة فى قول بعضهم

حمل الثور جوزة السرطان * ورعى الليث سنبل الميزان

ورمى عقرب بقوس لجدى * نزح الدلو بركة الحيتان

والاحدى والعشرون صورة الشمالية هى . الدب الاصغر أو بنات نعش الصغرى . الدب الاكبر أو بنات نعش الكبرى . التنين أو الثعبان . الملتهب . العوا . الاكليل الشمالى هركول أو الجاثى على ركبتيه . النسر الواقع أو السلحفاة . الدجاجة . ذات الكرسى . برشاوش ماسك العنان . الحواء . الحية . السهم . النسر الطائر . الدلفين . الفرس الاعظم الفرس الاصغر . المرأة المسلسلة . المثلث الشمالى أو الدالتا

والخمس عشرة صورة الجنوبية هى . قيطس . الجبار . نهر الاردن . الارنب الكلب الاصغر . الكلب الاكبر . السفينة . الشجاع . الكاس أو الباطية الغراب . المحراب أو المجمرة . سنطورس . الذئب . الاكليل الجنوبى . الحوت الجنوبى

٣٨ — والنجوم التى تتكوّن منها الصور المعروفة عند الاقدمين تنقسم الى اقدار فاضوأها تسمى من القدر الاوّل ثم ما يليها فى الضوء يسمى من القدر الثانى وهكذا والقدر السادس يشتمل على النجوم التى هى آخر ما يمكن رؤيته بالعين وهذا الترتيب اعتبارى لان آخر نجمة من القدر الثالث مثلا لا يمكن أن تكون هى أول نجوم القدر الرابع ولذا يوجد اختلاف بين الفلكيين فى هذا الاعتبار

ولكن المتأخرين حافظوا على هذا التقسيم وعلى رأى موسيو (ارجيلاندر) يحتوى نصف

الكرة الشمالي على ٩ نجوم من القدر الاوّل و ٣٤ من القدر الثاني و ٩٦ من الثالث و ٢١٤ من الرابع و ٥٥٠ من الخامس و ١٤٣٩ من السادس والمجموع هو ٢٣٤٢ وأما نصف الكرة الجنوبي فيحتوى على ٤٦٨٤ نجمة منها ١٨ من القدر الاول و ٦٨ من الثاني و ١٩٢ من الثالث و ٤٢٨ من الرابع و ١١٠٠ من الخامس و ٢٨٧٨ من السادس وأشهر الخرط لاتعطي اليوم سوى ٢٠ نجمة من القدر الاول وهي مرتبة على حسب ضوئها

| | أسماء | | أسماء | | أسماء |
|---|---|---|---|---|---|
| ١ | الشعرى اليمانية | ٨ | الشعرى الشامية | ١٥ | الطائر |
| ٢ | سهيل اليمن | ٩ | كتف الجبار | ١٦ | السماك الاعزل (نير السنبله) |
| ٣ | أ من سنطورس | ١٠ | آخر النهر | ١٧ | فم الحوت |
| ٤ | السماك الرامح | ١١ | الدبران | ١٨ | ب من الدجاجة |
| ٥ | رجل الجبار | ١٢ | ب من سنتورس | ١٩ | رأس التوأم المؤخر |
| ٦ | العيوق | ١٣ | أ من الدجاجة | ٢٠ | قلب الاسد |
| ٧ | الواقع | ١٤ | قلب العقرب | | |

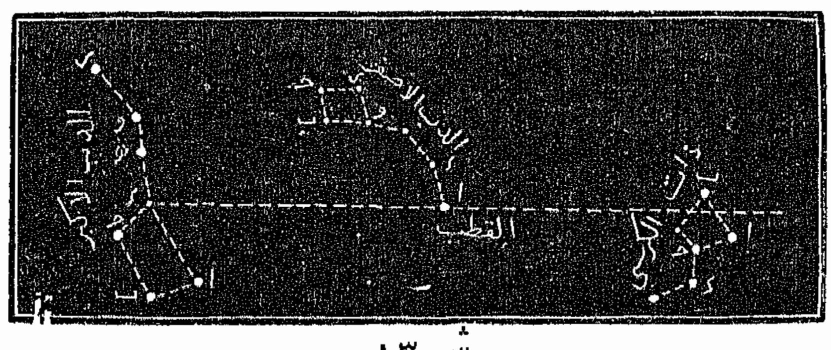
٢٩ — عدد النجوم المنظورة — يظهر ان عدد النجوم التي ترى بالعين عظيم جدا ولقد حصر الموسيو (ارجيلاندر) ٣٢٥٦ نجمة ترى بالعين وتمتد على القبة السماوية بين القطب الشمالي و ٣٦° من الميل الجنوبي وهذه المنطقة تشتمل تقريبا على $\frac{٨}{١٠}$ السطح الكلي للكرة وبهذه النسبة يكون للعشرين الاخر ٨٤٤ نجمة ويكون العدد الكلي للنجوم التي ترى بالعين ٤١٠٠ نجمة

وبعض الراصدين ذوي البصر الحاد أمكنهم رؤية بعض نجوم من القدر السابع حتى وان العدد السابق وصل الى ٦٠٠٠ نجمة تقريبا أو أزيد من ذلك

واذا استعملت النظارات يزيد هذا العدد كثيرا ويصل الى ٢٠٤٠٠٠٠٠ نجمة تقريبا في جميع السماء من ابتداء القدر الاوّل لغاية القدر الخامس عشر

٣٠ — وصف السماء — أسهل طريقة لمعرفة الصور السماوية هي مقارنة السماء بالخرط السماوية المنشأة على حسب القواعد التي ستأتي في بند (٢٤٩) واذا لم توجد خرط واريد ذلك فبمساعدة بعض نقط تعتبر مبدأ يمكن ايجاد المجموعات النجمية الاصلية وفي قطرنا نجعل المبدأ صورة الدب الاكبر

الدب الاكبر (شكل ١٣) ـ اذا وجه الانسان نظره جهة الشمال فانه يرى صورة الدب الاكبر وتحتوى على سبع نجوم أصلية وجميعها من القدر الثانى ماعدا النجمة د فهى من القدر الثالث والنجوم هـ و و و م تكون ذنب الدب الاكبر




ش ١٣

النجمة القطبية ـ اذا مد الخط ب ا من جهة ا بعد يساوى ا م فانه يمر بالقرب من نجمة من القدر الثانى أو الثالث وهى النجمة القطبية التى تستعمل فى ايجاد جميع الصور المهمة المنظورة فى سماء مصر وهذه النجمة لا تبعد عن القطب الابقدر درجة ونصف وبواسطة النجمة القطبية يسهل معرفة الاربع نقط الاصلية فانه بالنظر اليها يكون الشمال امام الناظر والجنوب خلفه والشرق عن يمينه والغرب عن يساره

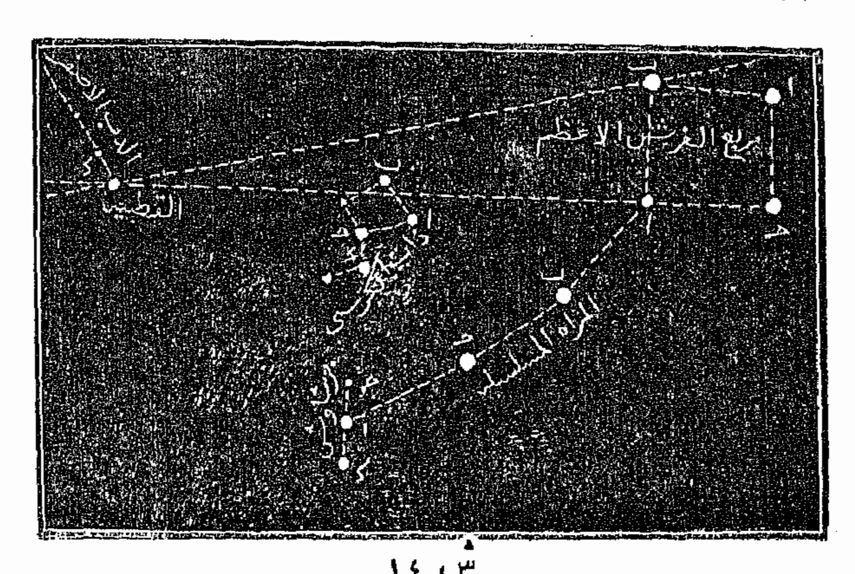
والنجمة القطبية هى ثالث نجمة من ذنب صورة مشابهة للدب الاكبر الا انها أصغر منها وموضوعة بعكسها وتسمى الدب الاصغر

ذات الكرسى ـ اذا وصل بين نقطة د من الدب الاكبر والنجمة القطبية بمستقيم ومد من جهة النجمة القطبية بكمية تساويه توجد ذات الكرسى وهى تشتمل على جملة نجوم من القدر الثالث وهذه الصورة هى فى مقابلة الدب الاكبر دائما بالنسبة للنجمة القطبية

الفرس الاعظم ـ المرآة المسلسلة ـ (شكل ١٤) ـ اذا مد الخط الذى عين النجمة القطبية من جهتها فانه يقابل صورة الفرس الاعظم وباضافة النجمة ا من المرآة المسلسلة اليه يتكون مايسمى مربع الفرس الاعظم وزوايا هذا المربع تشغلها نجوم من القدر الاوّل فاذا وصل بين ا من الفرس الاعظم و ا من المرآة المسلسلة توجد النجمتان ب و ح من المرآة المسلسلة اللتان تأخذان فى الاقتراب من النجمة القطبيه

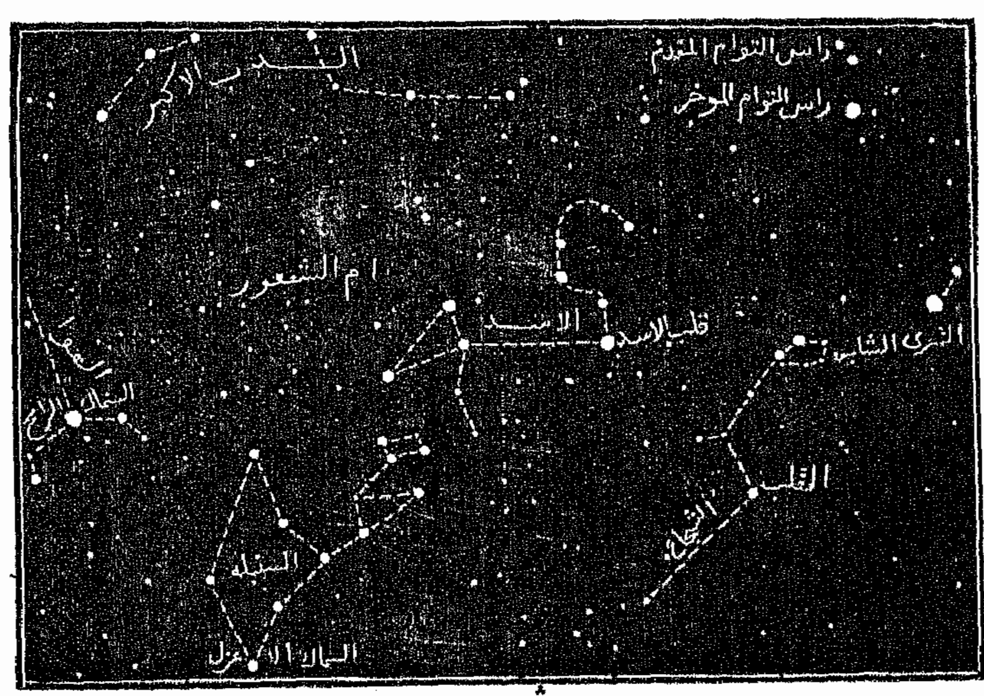
برشاوش ـ اذا مد الخط ب ح من المرآة المسلسلة يمر بالنجمة ا من برشاوش . ومربع الفرس الاعظم والخط ب ح من المرآة المسلسلة والنجمة ا من برشاوش تكون جملة شكلها يشابه الدب الاكبر الا انه ذو امتداد أعظم منه

الغول ـ النجمة ا من برشاوش توجد أيضا على امتداد الخط ا ح من مستطيل الدب الاكبر واذا امد هذا الاتجاه الاخير قليلا من جهة ا يقابل ب من برشاوش وتسمى الغول وهي نجمة شهيرة جدا يتغير ضوؤها تغيرا عظيما والغول هي أضوأ نجمة من رأس الغول موضوعة في يد برشاوش




ش ١٤

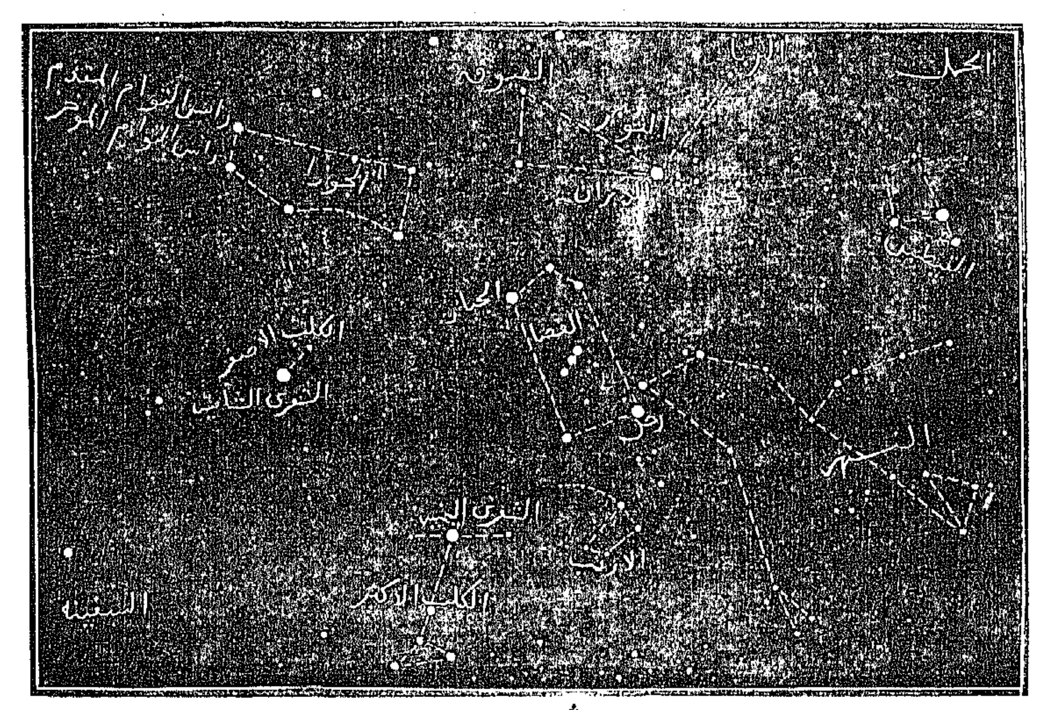
السنبلة ـ السماك الاعزل ـ (شكل ١٥) ـ نحو الجهة المقابلة لنصف الكرة وتقريبا على امتداد قطر مستطيل الدب الاكبر توجد صورة السنبلة وتحتوي على نجمة من القدر الاول تسمى السماك الاعزل




ش ١٥

الاسد – قلب الاسد – اذا امتد الخط ا ب من الدب الاكبر في الجهة المضادة للنجمة القطبية فانه يمر بصورة الاسد والنجمة ا من هذه الصورة هي من القدر الاول وتسمى قلب الاسد

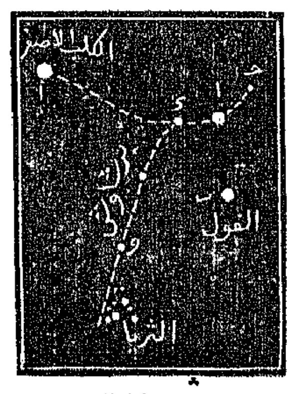
الجوزاء – رأس التوام المقدم ورأس التوام المؤخر (شكل ١٦) – القطر الثاني ب د من مستطيل الدب الاكبر ممتدا من جهة ب يقابل جملة نجوم شهيرة منها ا و ب أو رأس التوام المقدم ورأس التوام المؤخر من صورة الجوزاء




ش ١٦

الكلب الاصغر – الشعرى الشامية – النجمة ا وهي الشعرى الشامية من الكلب الاصغر توجد على امتداد الخط الواصل بين النجمة القطبية ورأس التوام المقدم من جهة هذه الاخيرة واذا امتدّ الخط د ب من جهة الشعرى الشامية فانه يقابل النجمة ا أو الشعرى اليمانية من الكلب الاعظم وهي أضوأ نجوم السماء

ذو العنان – العيوق – (شكل ١٦) اذا امتدّ الخط ب حـ من المرأة المسلسلة من جهة ا من برشاوش توجد نجمة من القدر الاول وهي ا من ذى العنان أو العيوق

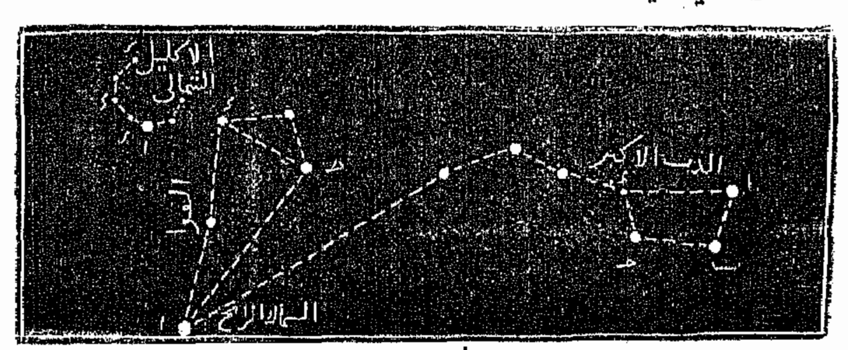



ش ١٧

الثور – الدبران – (شكل ١٧) اذا امتد الاتجاه د ا من الدب الاكبر من جهة ذى العنان فانه يمر بصورة الثور ويمر بالقرب من الدبران أو عين الثور وهي نجمة من القدر الاول وفي صورة الثور توجد الثريا وارجل التوامين

الجبار — الكلب الاعظم — الشعرى اليمانية — اذا امد الخط الواصل بين النجمة القطبية والعيوق من جهة العيوق فانه يقابل الجبار وهو أجمل صورة فى السماء (شكل ١٦) ويحتوى على سبع نجوم أصلية أربع منها موضوعة على شكل شبه منحرف وفى مركزه توجد الثلاث الاخر التى هى أقل ضوء من الاربع وتوجد هذه النجوم الثلاث على خط مستقيم وتكون ما يسمى منطقة الجبار أو العصا ورأسان من رؤس شبه المنحرف هما نجمتان من القدر الاول ا أو كتف الجبار و ب أو رجل واذا امد خط العصا يقابل الشعرى اليمانية من الكلب الاعظم التى علمت بتخطيط آخر

العواء — السماك الرامح — (شكل ١٨) — اذا امد ذنب الدب الاكبر فانه يمر بالقرب من نجمة من القدر الاول منسوبة الى صورة العواء هى السماك الرامح وهى أضوأ نجوم السماء بعد الشعرى اليمانية




ش ١٨

النسر الواقع — الواقع — الخط الواصل بين السماك الاعزل من السنبلة والسماك الرامح من العواء يمر بصورة النسر الواقع بالقرب من نجمة من القدر الاول هى ا من النسر الواقع وتسمى الواقع

الدجاجة — بجانب النسر الواقع توجد صورة الدجاجة المركبة من خمس نجوم مكونة صليبا والنجمة ا من هذه الصورة من القدر الاول

الاعتدال الربيعى — على امتداد المستقيم المار بنقطة د من الدب الاكبر و ا من الدب الاصغر و ا من المرأة المسلسلة توجد نقطة الاعتدال الربيعى على دائرة المعدل

والدبران وقلب العقرب وقلب الاسد وفم الحوت من الحوت الشمالى تقسم السماء الى أربعة أجزاء متساوية وهذه النجوم الاربع الملقبة بالنجوم الملوكية كانت هى أربع حراس سماء العجم بنحو ٣٠٠٠ سنة قبل الميلاد وكان الدبران فى الاعتدال الربيعى هو حارس الشرق وقلب العقرب فى الاعتدال الخريفى وهو حارس الغرب وقلب الاسد قريب من المنقلب الصيفى وفم الحوت على بعد صغير من المنقلب الشتوى ولكن هذه النقط تغيرت اليوم وسنعرف أسباب هذا التغير

# الباب الثانى

# فى الارض

## الفصل الاوّل

شكل الارض ـ انعزالها فى الفراغ ـ كروية الارض ـ
المناطق السماوية ـ ارتفاع القطب

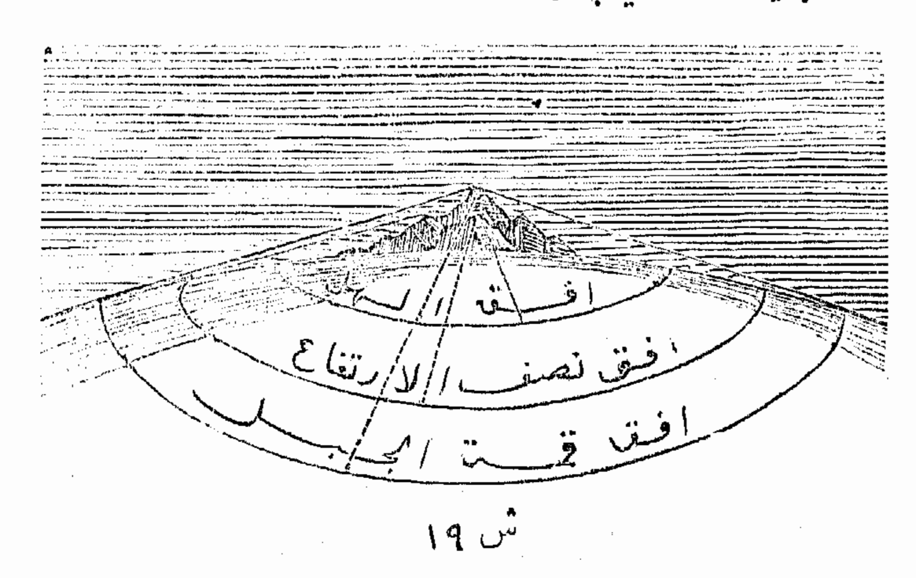
**٣١ ـ شكل الارض المستدير ـ انعزالها فى الفراغ ـ الشكل المستدير للارض** أو كرويتها وانعزالها فى الفراغ الذى تتحرك فيه حركتان احداهما حول نفسها وتتمها فى مسافة يوم نجمى والاخرى حول الشمس وتقطع فيها مدارا مقفولا هى حقائق لم يجعل علم الفلك الجديد محلا للشك فيها

فلو أمكن رصد الارض من نقطة من السماء بعيدة بعدا كافيا لظهرت على شكل كروى تقريبا منعزل فى الفراغ بالكلية . وقد كان المتقدمون من الفلاسفة فى شك من ذلك ولكن هنالك براهين عديدة على حقيقة الامر نذكر لك بعضها

أما انعزال الارض فى الفراغ فيستدل عليه استدلالا واضحا من دوران الحركة اليومية فان الكواكب التى تغرب على التعاقب واحدا بعد آخر فوق افق محل أرضى حيثما اتفق والتى تظهر بعد قليل من الزمن فى جهة الشرق لا يمكنها أن تجرى مثل هذه الحركة الظاهرية مالم تكن الارض غير محدودة من جميع الجهات وغير محمولة على شئ والاسفار الملاحية فى جميع الجهات قد اكدت عدم وجود حامل مّا للارض وأثبتت استدارتها وانعزالها فى الفراغ

وأول هذه الاسفار كما لا يخفى هو الذى أجراه الملاح الشهير البرتغالى المسمى (فرديناند ماجلان) وذلك أنه فى ٢٠ سبتمبر سنة ١٥١٩ خرج من احدى مين البرتغال واتجه نحو الغرب وقابل أمريقا التى اكتشفها (كريستوف كولومب) فى سنة ١٤٩٢ ولكنه لما لم يجد طريقا يسير فيه جهة الغرب التزم أن يجانب أمريقا من جهة الجنوب ودخل فى المحيط الباسفيكى من البوغاز الذى سماه باسمه ثم مر بعد ذلك بين الماركيز والارخبيل الخطر (لبوچينفيل) ولسوء حظه لم يتم سفره بل مات فى جزيرة زيبو وأتم المشروع (سيباستيان دلكانو) ورجع من رأس عشم الخير ودخل اوروبا بالثانى بعد مضى ثلاث سنين من تاريخ ذهابه فى ٦ سبتمبر سنة ١٥٢٢

**٣٣ — اثبات كروية الارض** — اذا وجد الانسان فى أى محل على ارتفاع مافوق الافق ولم تحجب الموانع الارضية عن نظره الشكل المنتظم فان الافق يتحدد دائما بدائرة يشغل هو مركزها فاذا ارتفع أكثر من ذلك كبر نصف قطر دائرة الافق ومن ذا يعلم ان تحديد الافق لم يكن ناشئا عن ضعف فى البصر يمنع رؤية ما كان موضوعا ببعد بعد معلوم بل الافق هو الخط الفاصل بين الاجزاء المنظورة وغير المنظورة على كرة تامة التحدب (شكل ١٩) ويسهل اثبات ذلك اذا كان الراصد على شاطئ البحر ناظرا الى سفينة تتباعد عن الشاطئ فانه يرى أن السفينة يختفى بدنها أولا ثم قلوعها القصيرة ثم قلوعها العالية وليس ذلك ناشئا عن ضعف فى البصر لان الحالة تكون بعينها ولو استعين باقوى النظارات




ش ١٩

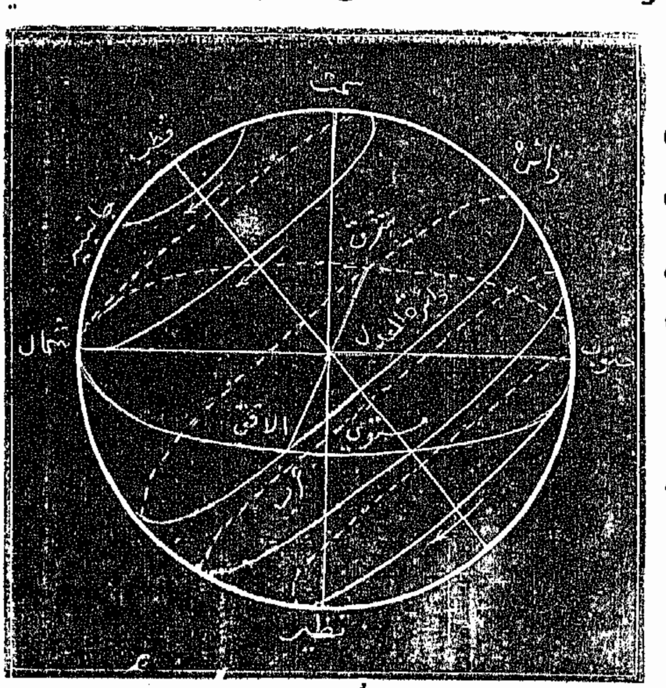
وبالعكس حينما تقرب السفينة ترى أولا قلوعها العالية ثم القصيرة ثم هى نفسها فاذا ارتفع الرائى فى لحظة اختفاء القلوع العالية بسرعة فانه يرى بالثانى جزأ من المركب صغيرا أو كبيرا يأخذ فى الاختفاء عنه بالثانى بمعنى ان السفينة تبقى ظاهرة له مدة من الزمن تتسع كلما اتسع الافق أى كلما كان الراصد فى محل أكثر ارتفاعا

وهذه الظواهر تحقق تحدب البحر . والشكل المستدير للافق يوصل الى اعتبار السطح كرويا لان الكرة هى الجسم الذى يرى على شكل مستدير من أى جهة نظر اليه

وأيضا لو كان سطح القارات مستويا غير محدب فافقا محلين أحدهما جهة الشمال والآخر جهة الجنوب ينطبقان ويلزم حينئذ أن ترى نجوم واحدة من هذين المحلين مع أن الامر ليس كذلك لان من كل منهما ترى نجوم لا تظهر فوق افق الآخر وهذا مما يثبت أن مستوى الافق يميل من الشمال الى الجنوب وتكون الارض محدبة فى نفس الجهة

٣٣ — المناطق السماوية — لنبحث الآن عن تأثير انحناء سطح الارض على منظر السماء فنقول حيث علمت ان الحركة اليومية حاصلة حول خط ثابت لا يتغير ميله على افق معلوم فمن عدم التغير المذكور ينتج ان نجوما واحدة تشرق فوق الافق فى مدة دورة للارض فى أى وقت من السنة ومن هذه النجوم التى تشرق وتغرب ما يرى فوق الافق ليلا ومنها ما يشرق و يغرب نهارا ولا يرى بسبب ضوئه وأما النجوم القريبة من القطب فانها لا تنزل تحت الافق مطلقا وتبقى منظورة فى جميع ليالى السنة وهنالك نجوم أخرى ترسم محيطاتها اليومية تحت الافق ولا ترى مطلقا فى المحل المفروض فبناء على ذلك يمكن تقسيم الكرة السماوية الى ثلاث مناطق الاولى منطقة النجوم القريبة من القطب وهى أبدية الظهور والثانية منطقة النجوم التى تشرق وتغرب وظهورها فى الليل مرتبط بالوقت الذى ينظر اليها فيه من السنة والثالثة منطقة النجوم التى لا تظهر مطلقا فوق الافق وتنفصل هذه الثلاث مناطق عن بعضها بدائرتين مماستين للافق احداهما فى الشمال وتسمى دائرة الظهور الابدى والاخرى فى الجنوب وتسمى دائرة الاختفاء الابدى

٣٤ — تأثير تغير الافق على منظر السماء — الانتقال على مستوى الزوال — اذا غير الراصد افقه بانتقاله فى اتجاه خط الزوال سواء كان ذلك الانتقال من الشمال الى الجنوب أو من الجنوب الى الشمال (شكل ٢٠) وكانت الارض مستوية فلا يتغير شئ فى منظر السماء وحيث ان انتقال الراصد كأنه معدوم بالنسبة لبعد الكواكب العظيم عن الارض فتكون نجوم واحدة منظورة دائما فوق الافق ونجوم واحدة مختفية



ش ٢٠

تحته ولكن لا يكون الامر كذلك اذا كانت الارض كروية لانه فى هذه الحالة اذا مر الراصد من افق الى آخر بأن توجه جهة الجنوب مثلا فانه يختفى تحت الافق الاول ويكتشف فى جهة الجنوب نجوما من المنطقة التى لم تكن مرئية من قبل وفى جهة الشمال يرى بعض نجوم منطقة النجوم الابدية الظهور تشرق وتغرب أمامه وتزداد سعة الجزء المنظور من السماء

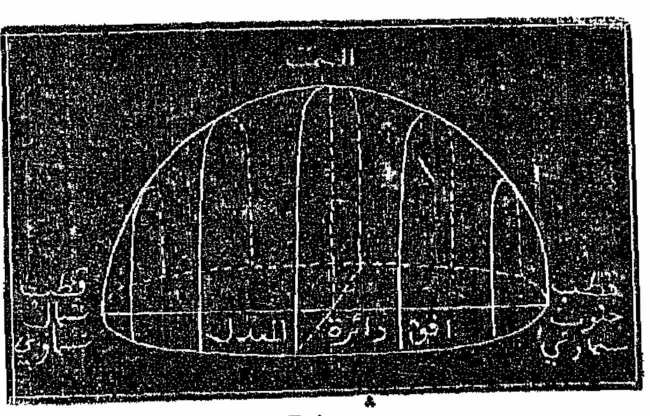
واذا توجه الراصد جهة الشمال حصل العكس فتتسع منطقة النجوم الابدية الظهور ولكن فى جهة الجنوب تصير بعض النجوم التى كانت تغرب فوق الافق مختفية تحته وتختفى عن نظره كلية وينقص الجزء المنظور من السماء

وهذه هى تغيرات منظر السماء التى يراها الراصد الذى ينتقل على سطح الارض فى جهة مستوى زوال حيثما اتفق

٣٥ — ارتفاع القطب يتغير من افق الى آخر — يكفى لزيادة التحقق من الظاهرة التى تكلمنا عليها رصد الارتفاع الظاهرى للقطب السماوى أو للنجمة القطبية فوق الافق ففى المحروسة تكون النجمة القطبية مرتفعة عن الافق بقدر ثلث المسافة بين الافق والسمت تقريبا أعنى ان محور العالم يصنع مع خط الزوال زاوية مقدارها (٣٠° ٢َ) وكلما ذهب الراصد جهة الشمال ازدادت هذه الزاوية وازداد ارتفاع القطب فوق الافق واذا أمكن الدخول فى القطبين المتجمدين توصل الى محل فيه ينطبق القطب على السمت (شكل ٢١) وهنالك تحصل الحركة اليومية للنجوم على حسب دوائر موازية للافق ولا يكون لاى نجمة منها شروق ولا غروب مطلقا ويبقى نصف الكرة السماوية غير منظور فى ذلك المحل على الدوام

ش ٢١

٣٦ — الحركة اليومية فى خط الاستواء — بعكس ما تقدم كلما ذهب الراصد جهة الجنوب انخفض القطب وانتهى الراصد الى محل فيه يصير القطبان مختفيين فى الافق فى آن واحد وهنالك تكون الاقواس اليومية المرسومة بالنجوم انصاف دوائر عمودية على الافق ونجوم الكرة السماوية بأكملها تشرق وتغرب فى مسافة يوم وهذا المحل هو خط الاستواء الارضى (شكل ٢٢) وباستمرار الذهاب جهة الجنوب يرتفع القطب الجنوبى فوق الافق بخلاف القطب الشمالى فانه ينخفض شيأ فشيأ ويختفى تحته



ش ٢٢

ويمكن الراصد أن ينتهي الى أن يدخل فى محل من الارض فيه يصير القطب الجنوبي فى السمت وتجرى نجوم النصف الثانى من الكرة السماوية الحركة اليومية على حسب دوائر موازية جميعها للافق

٣٧ — قد بينا فيما تقدم أن الارض كروية وانها منعزلة فى الفراغ ولكن ربما اعترض ذلك وقيل كيف يمكن أن تبقى الارض معلقة بدون حامل وتبقى السكان والاشياء الشاغلة لسطحها ساكنة على جوانبها ومن أسفلها فنقول ان دفع هذا الاعتراض لا يعسر على من كان له المام بالعلوم الرياضية والطبيعية

فان الجسم الثقيل المتروك ونفسه متى زاد ثقله عن ثقل حجم الهواء الذى يحل محله فانه يهبط من أعلى الى أسفل فى اتجاه رأسي المحل وقوانين هذه الحركة معلومة ومعلوم أيضا ان سقوط الاجسام ينسب للتأثير الثابت لجسم الارض أو لكتلتها ويحصل هذا التأثير كما لو اعتبر أن جميع هذا الجسم مجتمع فى مركز الكرة الارضية وجاذب نحو هذا المركز جميع الاجسام الموضوعة على سطحها أو خارجة عنها

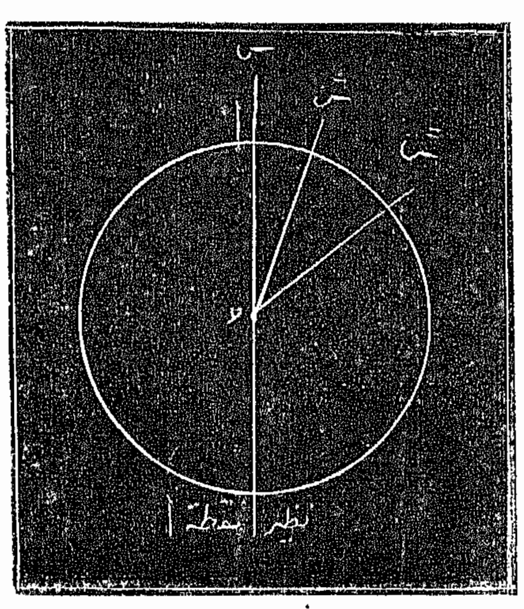
ولا يخفى أيضا ان ارتفاع الاجسام الاخف من طبقات الجو السفلى كالدخان والقبة الطيارة المملوءة بغازما ارتفاعا رأسيا عوضا عن سقوطها هى ظاهرة تتعلق بشروط موازنة السائلات الواقعة تحت فعل التثاقل ولا شك فى أنها نتيجة جذب الارض أيضا

وحينئذ يؤثر جذب الارض من مركزها على جميع نقط محيطها واتجاه هذه القوة هو دائما اتجاه رأسي كل نقطة

وحيث ان الارض كروية فتى مر من افق الى آخر تغير الرأسي بدون أن نشعر بتغير اتجاهه وهذا التغير حقيق انما لما كان الاصطلاح على الاعلى والاسفل أمرا نسبيا وانهما ينسبان بالضرورة فى كل افق الى نفس رأسي هذا الافق فلهذا نعتبر المحل الذى نحن به هو قمة الكرة وبما ان جميع الاجسام الثقيلة منضغطة بسبب جذب الارض أو بتأثير التثاقل على سطح الكرة فى كل نقطة منها فينتج من ذلك أن لا أعلى ولا أسفل ولا جوانب لكرة كالارض

٣٨ — النظائر — كل نقطة من الكرة الارضية لها نظير وهى النقطة الموجودة فى الطرف الآخر من القطر المار بها التى افقها يكون موازيا لافق النقطة الاولى انما رأسيا نقطة ونظيرتها متجهان الى جهتين متضادتين . وحينئذ فلا عجب اذا رأينا سكان النقطة المناظرة لنا رؤسهم الى أعلى وأقدامهم الى أسفل . ومركز الجذب المشترك ح (شكل ٢٣) يؤثر علينا وعليهم بكيفية واحدة ويحفظ الاجسام على السطح بواسطة ثقلها وهذا الضغط بعينه هو الذى

يحفظ الجوّ ومياه البحر فى جميع الكرة الارضية بحيث أن البحر والقارات والهواء تكون مع الطبقات الداخلية من الارض كتلة واحدة مستديرة من جميع الجهات وتحيط بها السماء من كل جانب



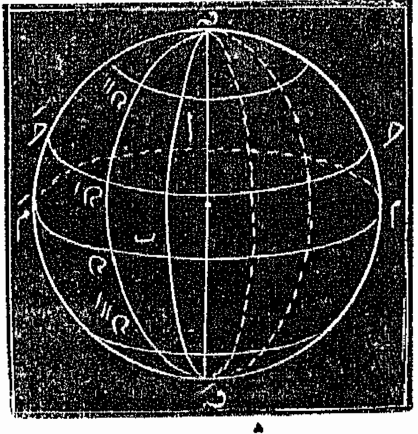
ش ٢٣

وأما عدم سقوط الارض فى الفراغ فالحقيقة كما سنرى فيما بعد انها تتحرك وترسم بسرعة عظيمة منحنيا حول الشمس فاذا انقطع تأثير المركبة المماسة لاتجاه الحركة لانجذبت الارض نحو الشمس بسرعة متزايدة ووقعت على سطحها وتكون قوانين سقوطها هى عين قوانين سقوط جسم ثقيل على سطح الارض

## الفصل الثانى

### الطول والعرض الجغرافيين - تعيينهما

**٣٩** - الاقطاب الارضية - خط الاستواء - الارض مستديرة وذات شكل كروى تقريبا وهى تدور حول أحد أقطارها الثابت الاتجاه فى الفراغ فى مسافة يوم تقريبا ويسمى هذا القطر محور العالم اذا اعتبر بالنسبة للحركة اليومية الظاهرية للكرة السماوية ويبقى حينئذ نقطتان من سطح الارض غير متحركتين وهما طرفا محور الدوران أو القطبان الارضيان ى و ىَ (شكل ٢٤)



ش ٢٤

فاذا تصورنا من مركز الارض مستويا عموديا على المحور فانه يقسم الكرة الارضية الى نصفى كرتين ويحدث فيها دائرة عظيمة م مَ محيطها يسمى خط الاستواء

فنصف الكرة المشتمل على القطب الشمالى يسمى نصف الكرة الشمالى والمحتوى على القطب الجنوبى يسمى نصف الكرة الجنوبى

وكل دائرة مثل ح حَ مرسومة على سطح الارض وموازية لخط الاستواء تسمى موازيا

ومن البديهي أن خط الاستواء هو أكبر الموازيات وان أنصاف أقطار الموازيات الاخرى تأخذ في النقص كلما انقصت ابعادها عن أحد القطبين

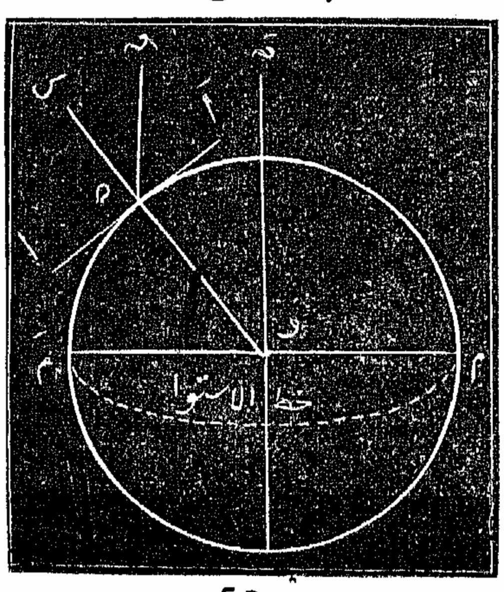
والمستوى المار بمحور الارض يقسمها قسمين متساويين ويقطع سطحها في خط يكاد أن يكون محيط دائرة ويسمى هذا المستوى بالمستوى الجانبي والمنحنى ن ق ق ق ق ق ق هو الخط الجانبي أو خط نصف النهار في آفاق المحلات ق و ق و ق و ق

٤٠ — الاحداثيات الجغرافية لمحل — الطول — يتعين وضع محل ما من سطح الارض بغاية الضبط بواسطة المستويات الجانبية والموازيات ولاجل ذلك يجعل مستو جانبي معلوم مبدأ وفي فرنسا يجعل هذا المستوى هو المستوى المار برصدخانة باريس وفي انجلترا المار برصدخانة جرينويش وفي مصر المار برصدخانة المحروسة ثم تقاس الزاوية التي يصنعها المستوى الجانبي للمحل المفروض مع المستوى الجانبي المتخذ مبدأ وتسمى هذه الزاوية طول المحل ولتقديرها يقسم خط الاستواء الى درج ودقائق وثوان وتحسب عليه مبتدأ من المستوى الجانبي المتخذ مبدأ المار بصفر التقاسيم نحو الشرق أو الغرب على حسب كون المحل المفروض شرقي أو غربي المستوى الجانبي المذكور وعليه يكون طول نقطة مثل ا هو القوس ب و (شكل ٢٤) وجميع النقط الارضية الكائنة على نصف خط جانبي واحد تكون ذات طول واحد ويتغير الطول حينئذ من °٠ الى ١٨٠

٤١ — العرض — القوس ا ب من الخط الجانبي المار بالنقطة ا مبينا بدرج ودقائق وثوان وهو بعد هذه النقط عن خط الاستواء مأخوذا على الخط الجانبي المار بها يسمى عرض النقط ا (شكل ٢٤)

وتحسب العروض من °٠ الى °٩٠ وتكون شمالية وجنوبية موجبة وسالبة على حسب كون النقطة المفروضة في نصف الكرة الشمالي أو في نصف الكرة الجنوبي وجميع النقط الارضية الموجودة على مواز واحد تكون ذات عرض واحد

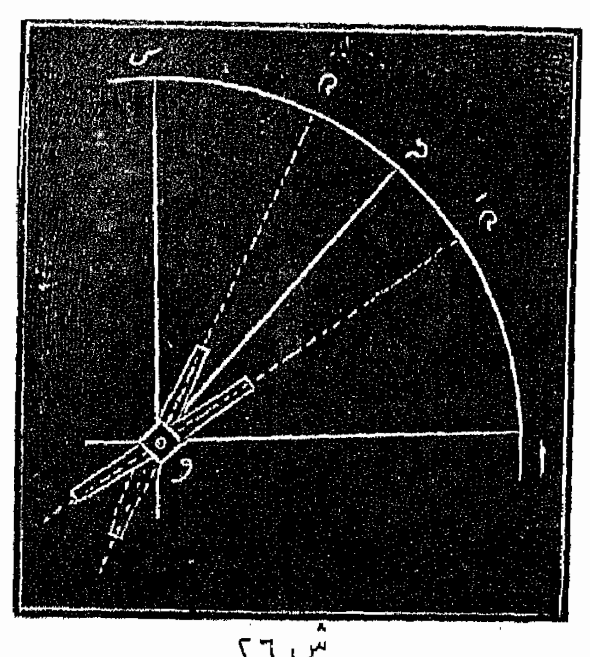
٤٢ — العرض يساوي ارتفاع القطب — قياس عرض محل يسهل بعد معرفة أنه يساوي ارتفاع القطب عن افق هذا المحل وبيان ذلك ان الزاوية ق و م (شكل ٢٥) الموجودة في مركز الارض المحصورة بين الرأسي س ق و ونصف القطر م و خط الاستواء تقدر بالقوس ق م وحيث ان ضلعي هذه الزاوية عموديان على



ش ٢٥

الخطين ن ﮪ و ﮪ أَ يكون العرض مساويا للزاوية ن ﮪ أَ الواقعة بينهما وحيث ان ضلعي هذه الزاوية الاخيرة هما خط الزوال ﮪ أَ للمحل والخط الواصل بين النقطة المعلومة ﮪ والقطب السماوي تكون هي الارتفاع الزاوي للقطب عن الافق وبناء على ذلك يقاس ارتفاع القطب فوق افق المحل ويكون هو عرض المحل المطلوب

٤٣ — قياس العرض — وقد يقاس مباشرة متمم ارتفاع القطب أعني الزاوية سـ و ن التي هي بعده السمتي بواسطة النظارة الزوالية بأن ترصد نجمة أبدية الظهور مثل ﮪ (شكل ٢٦) في لحظة مرورها العلوي بمستوى الزوال وتعين الزاوية سـ و ﮪ ثم في لحظة مرورها السفلي به وتعين الزاوية سـ و ﮪَ



ش ٢٦

وحيث ان النجمة رسمت دائرة حول القطب يكون ن ﮪ = ن ﮪَ بمعنى أن محور العالم و ن ينصف الزاوية ﮪ و ﮪَ ويحدث

$$ن سـ = سـ ﮪ + ﮪ ن = سـ ﮪ + \frac{1}{2} (سـ ﮪَ - سـ ﮪ) = \frac{سـ ﮪ + سـ ﮪَ}{2}$$

أعني ان البعد السمتي للقطب يساوي نصف مجموع البعدين السمتيين لنجمة أبدية الظهور في مروريها العلوي والسفلي بمستوى الزوال

ومتى علم البعد المذكور يطرح من ٩٠° فيتحصل على ارتفاع القطب أو على عرض المحل (١)

٤٤ — فرق طولي محلين بزمن نجمي — قد ذكرنا أن مبدأ اليوم النجمي يحسب من اللحظة التي تمر فيها نقطة معلومة من دائرة المعدل بمستوى الزوال وفي هذه اللحظة يبين البندول النجمي المضبوط ٠ ث ٠ د ٠ س

لكن من الواضح انه اذا أمر من مستوى الزوال المحرر فيه ذلك البندول الى مستوى زوال آخر واقع غربيه مثلا اختلفت الساعة لان الحركة اليومية لا تجعل مستوى الزوال الثاني منطبقا على الدائرة الساعية لنقطة الابتداء الا بعد انطباق الاول عليها بزمن مّا

(١) في البحار يقاس ارتفاع القطب بآلة مخصوصة تسمى السكستان برصد النهاية العظمى لارتفاع كوكب ميله معلوم فوق افق البحر وشرح الآلة المذكورة لا يسعه هذا المختصر

وذلك انه لما كانت الكرة السماوية تدور بحركة منتظمة حول خط القطبين وتتمها فى ٢٤ ساعة نجمية فاذا فرض أن فى جميع النقط الارضية تكون الساعات محررة على مرور كوكب واحد بمستويات زوالها المتناظرة فالكوكب فى حركته اليومية يمر على التعاقب بجميع مستويات الزوال ودائرة ميلها أو الدائرة الساعية له تقطع خط الاستواء الارضى باعتبار ١٥° فى الساعة و ١٥َ فى الدقيقة و ١٥ً فى الثانية وينتج من ذلك انه اذا كان خط طول محل واقعا شرقى محل آخر على بعد ١٥° منه فان النجمة تمر بمستوى زوال المحل الآخر بعد أن تمر بزوال المحل الاول بقدر ساعة واذا كانت ساعة المحل الاول ٨^س^ مثلا تكون ساعة المحل الثانى ٩^س^ ويوجد حينئذ فرق قدره ساعة مقابل لمسافة فى الطول قدرها ١٥° وكذا يقابل فرقا فى الطول قدره ١٥َ أو ١٥ً فرق فى الزمن قدره دقيقة أو ثانية وبناء على ذلك يتحصل على فرق طولى محلين بضرب فرق زمنى هذين المحلين مبينا بساعات ودقائق وثوان نجمية فى ١٥

واذا كان أحد المحلين موجودا على مستوى الزوال المتخذ مبدأ فان فرق الساعات هو طول المحل الآخر

وحينئذ فمسألة قياس الاطوال تؤل الى المسئلة الآتية وهى

أن تعلم فى آن واحد فى لحظة واحدة طبيعية ساعة مستوى زوال المبدأ وساعة مستوى زوال المحل المراد معرفة طوله والطرق المستعملة لذلك كثيرة ونقتصر على ذكر أربعة منها

٤٥ — تعيين الاطوال بالاشارات النارية — لاجل ذلك تحرق كمية من البارود ليلا فى نقطة متوسطة بين المحلين بشرط أن ترى من كل منهما أو يطلق مدفع ففى لحظة حصول الضوء يعلم كل راصد ما تبينه ساعته وأما اذا كان المحلان متباعدين كثيرا فتؤخذ جملة أوضاع واشارات متوسطة بينهما فاذا كان المحلان على خط زوال واحد لم يوجد فرق فى زمنيهما والا وجد فرق فى زمنيهما هو فرق طولى المحلين مقدرا بالزمن ثم يحول الى درج ودقائق وثوان . ولزيادة الضبط تكرر العملية ثم يؤخذ متوسط النتائج المتحصلة . وهذه ملحوظة تستعمل فى الطرق الاخرى

٤٦ — تعيين الاطوال بالتلغراف — اذا كان المحلان متصلين بخط تلغرافى يرسل أحد الراصدين الى الراصد الآخر اشارات كهربائية فى وقت يعينه بالساعة والدقيقة والثانية ويعلم الراصد الآخر الساعة والدقيقة والثانية الموافقة لكل اشارة أيضا ولكون سرعة

الكهربائية عظيمة جدا وقدرها يزيد عن ٥٠٠٠٠ ٢ فرسخا فى الثانية تعتبر لحظة اعطاء الاشارة من أحد المحلين ووصولها الى المحل الآخر واحدة فنرق الزمنين محولا الى درج وكسوره يبين فرق طولى المحلين

٤٧ — تعيين الاطوال بواسطة الكرونومترات — يستعمل البحريون والسواحون الكرونومترات وهى ساعات مضبوطة جدا ولا يجاد طول محل أو جملة محلات يضبط الكرونومتر على زمن المحل المعتبر مبدأ للاطوال كالمحروسة مثلا ثم يعين خطؤه بغاية الدقة ثم ينقل الكرونومتر الى المحلات الاخرى ويقارن بالساعات الموجودة بها وحيث ان الكرونومتر مصلح على زمن المحل المعتبر مبدأ وخطؤه معلوم فيعلم به فى كل وقت زمن المحل الاصلى ومن هذه المقارنة يعلم الفرق بين زمن المحل الاصلى وأزمنة المحلات الاخرى وبالتحويل يتحصل على أطوالها بالنسبة للمحل الاصلى

٤٨ — تعيين الاطوال بواسطة الظواهر السماوية — يوجد من ضمن الظواهر الفلكية ما يرى فى لحظة واحدة من جميع بقاع الارض ولامكان الاخبار بها مقدما تذكر فى التقاويم مع وقت حصولها فى محل معلوم وهذه الظواهر هى مثل كسوف توابع المشترى ومن البديهى انه برصد هذه الظواهر يحسب طول المحل الحاصل فيه الرصد بمثل طريقتى الاشارات النارية والتلغرافية

---

## الفصـــل الثـالث

### فى تخطيط الارض — شكلها وابعادها

٤٩ — أبعاد الارض بفرض انها كروية — قد اعتبرنا فيما سبق ان الارض كروية وصرفنا النظر عن عدم الانتظام الذى ينشأ عن الاراضى والوديان والجبال والانحدارات أعنى فرضنا ان سطحها من جميع الجهات فى استواء البحار . فبهذا الفرض تكون المستويات الجانبية دوائر عظيمة من الكرة وكذلك خط الاستواء وتكون جميعها متساوية . ولكن للحصول على الابعاد الحقيقية للارض يكفى قياس جزء معين من أحد هذه الدوائر كطول قوس درجة أو درجتين أو ثلاث درجات مثلا ليستخرج بواسطة الحساب طول المحيط باكمله

فاذا كان ل طول درجات عددها ن يكون طول المحيط هو $\frac{360 \times ل}{ن}$ وأما نصف قطر الكرة الارضية المرموز له بالحرف س فيكون مقداره هو

$$س = \frac{360 ل}{2 ط ن}$$

وبواسطة هذه الطريقة قد حسب الفلكي اليوناني (ايراتوستين) للمحيط الارضي طولا قدره ٢٥٠٠٠٠ استاد (٤٥ مليون متر وهو أكبر من الحقيقة بقدر التسع) بأن قاس فرق عرضي مدينة (سين) بالصعيد واسكندريه اللتين كانت المسافة بينهما معلومة واستخرج ذلك العدد الذي ذكرناه

وأما الطريقة التي اتبعها الحكيم الفرنساوي (فرنل) وشرع فيها سنة ١٥٥٠ لقياس طول درجة من خط جانبي فهي انه وشيع احدى عجلات عربته بعداد وقطع المسافة الواقعة بين أميين وباريس على حسب الخط الجانبي ووجد لطول قوس مقداره درجة ٥٧٠٧٠ توازو وبفرض كروية الارض فان هذا المقدار يعطي لطول الخط الجانبي ٤٠٠٤٣٠٠٠ مترا تقريبا وهو قريب من النتائج التي استحصل عليها أخيرا

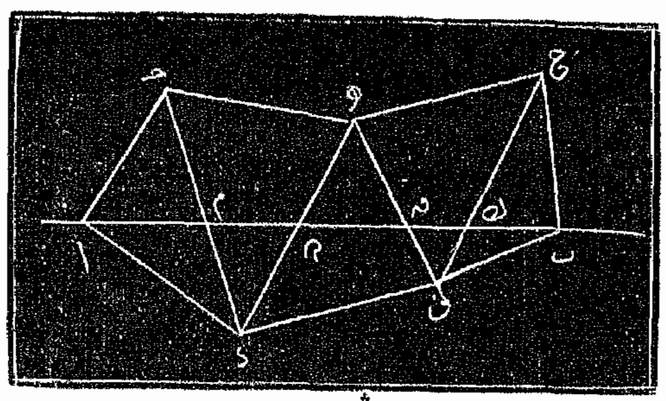
٥٠ — تعيين شكل خط جانبي — لتعيين الشكل الحقيقي لخط جانبي لا يكفي قياس طول قوس درجة واحدة في عرض حيثما اتفق بل يلزم تكرار العملية على جميع امتداد الخط الجانبي وان استحال ذلك فعلى نقط متباعدة بالكفاية وعلى أقواس كبيرة ليوصل الى القانون الذي تتبعه الاطوال المتتالية للاقواس التي كل منها ١° والى معرفة الشكل الحقيقي للمنحني الجاري عليه العمل

ولكن قياس قوس من خط جانبي يحتاج لعمل طويل وحسابات كثيرة ومع ذلك فحرصا على عدم ضياع الفائدة نلخص الطريقة المستعملة لذلك

٥١ — قياس قوس من خط جانبي — السلسلة المثلثية — اذا أردنا قياس قوس الخط الجانبي المحصور بين محلين حيثما اتفق يجب قبل كل شئ البحث عن سعة هذا القوس ويكفي بعد معرفة العرض الجغرافي لكل من المحلين أن يطرح أحد العرضين من الآخر وطريقة تعيين عرض أي محل سبق ايضاحها

ثم يلزم قياس طول جزء الخط الجانبي المحصور بين المحلين المتطرفين وهذه عملية صعبة ولا يتيسر اجراؤها مباشرة لان عدم تساوي الاراضي لا يتأتى معه قياس خط طويل لا يمكن تخطيطه على الارض بالتحقيق والطريقة المستعملة هي السلسلة المثلثية وهاك شرحها

ليكن ا ب هو الجزء من الخط الجانبي المراد قياسه (شكل ٢٧) فاذا كانت الارض مستوية بجوار نقطة ا تخط قاعدة مثل ا ح تقاس بغاية الدقة ثم ينتخب في جهتي القوس ا ب أوضاع ء و هـ و ف و ع بحيث يمكن من كل منها رؤية الاوضاع المجاورة جليا بنظارة التيودوليت فجميع المستويات الرأسية التي تجمع هذه النقط ببعضها تقطع المستوى الافقي في الخطوط ا ح و ا ء و ح ء و ... ويتكون عنها ما يسمى سلسلة مثلثية



ش ٢٧

فالمهندس الموجود في ا يقيس بالتيودوليت الزاويتين ح ا ء و ح ا م ثم ينتقل في ح ويقيس الزاويتين ا ح ء و ء ح هـ ثم في ء ويقيس الزاويتين ح ء هـ و هـ ء ف ثم في هـ ويقيس ء هـ ف و ع هـ ف وهكذا

اذا تقرر هذا ففي المثلث ح ا ء يعلم الضلع ح ا ومجاورتاه من الزوايا فيمكن حله وحساب الضلع ح ء وفي المثلث ح ا م يعلم الضلع ح ا ومجاورتاه من الزوايا فيمكن حساب الجزء ا م من الخط الجانبي (أو خط نصف النهار) وكذلك الضلع ح م والزاوية ح م ا وحيث علم ح ء و ح م ففرقهما يعطي م ء ويمكن حل المثلث م ء ن الذي يعلم منه الضلع م ء ومجاورتاه من الزوايا وبهذه المثابة يتحصل على الجزء الثاني م ن ثم يحسب ء ن والزاوية م ن ء ويحل المثلث ح ء هـ المعلوم فيه الضلع ح ء ومجاورتاه من الزوايا ويحسب منه الضلع ء هـ ويعلم ن هـ = ء هـ ـ ء ن ويحل المثلث ن هـ و ويحسب الجزء الثالث ن و من خط نصف النهار وبالاستمرار على ذلك يتوصل الى حساب الطول ا ب جزأ فجزأ

فاذا استحال قياس القاعدة ا ح مباشرة تقاس قاعدة أخرى بجوار نقطة ا لكن يلزم حينئذ ربط هذه القاعدة الاخيرة بالسلسلة الاصلية بمساعدة سلسلة تحسب أجزاؤها بالطريقة التي ذكرناها

٥٣ ـ أطوال أقواس مقدارها درجة واحدة في عروض مختلفة ـ فرق عرضي جزيرة (فرمنترا) ورصدخانة (جرينويس) في انكلترا هو ٤٧ َ ١٢ ْ فالاطوال المتوسطة لستة

أقواس من الخط الجاني المحصور بين هاتين النقطتين طول كل قوس منها درجة واحدة هي (١)

| أقـــــــواس | عروض متوسطة | طول قوس ١° بالمتر |
|---|---|---|
| | ° ′ | |
| من جرينويس الى دنكرك ...... | ٥١ ١٥ | ١١١٢٨٥٫٣٥ |
| من دنكرك الى بنتيون ........ | ٤٩ ٥٦ | ١١١٢٦٥٫٩٨ |
| من بنتيون الى ايفو.......... | ٤٧ ٣١ | ١١١٢٣٠٫١٨ |
| من ايفو الى كركسوه.......... | ٤٤ ٤٢ | ١١١٠٥٠٫٩٧ |
| من كركسوه الى منتجوى........ | ٤٢ ١٧ | ١١١٠١٨٫٠٣ |
| من منتجوى الى فرمنترا...... | ٤٠ ١ | ١١١٠٠٨٫١٣ |

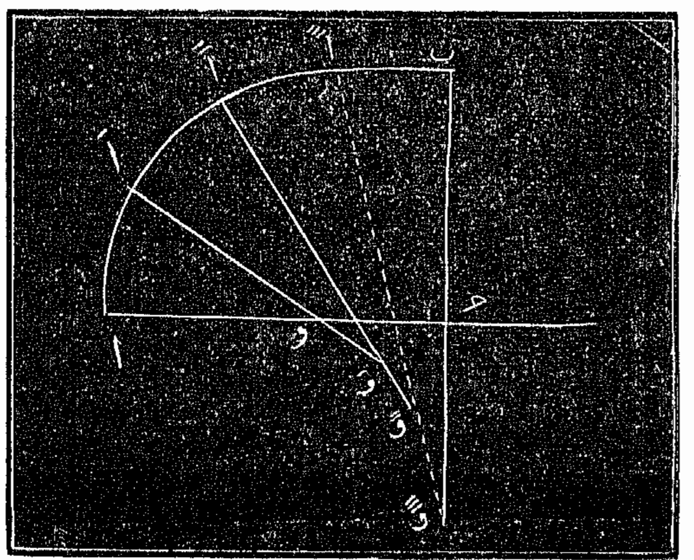
ويتبين من هذا الجدول ان طول قوس ١° يتناقص بنقصان العرض والنتيجة بعينها اذا قورنت أقواس الخط الجاني المأخوذ في عروض مختلفة من نصف كرة وبالفعل قد وجدت الاعداد الآتية لاطوال قوس ١° بالابتداء من الدائرة القطبية لغاية خط الاستواء

| المحلات أو الاقواس التي قيست | عروض متوسطة | طول قوس ١° |
|---|---|---|
| | ° ′ | |
| لابونيا ............... | ٦٦ ٢٠ | ١١١٤٧٧ |
| الروسيا............... | ٥٦ ٢٥ | ١١١٣٦٠ |
| انكلترا............... | ٥٢ ٢ | ١١١٣٢٤ |
| فرانسا واسبانيا ........... | ٤٦ ٨ | ١١١١٤٣ |
| الهند الشرقي ............ | ٢٢ ٣٧ | ١١٠٦٦٨ |
| بنغال ............... | ١٢ ٣٢ | ١١٠٦٣١ |
| بيروا............... | ١ ٣١ | ١١٠٥٨٣ |

٥٣ — شكل الخط الجاني قطع ناقص — يرى من هذا الجدول ان طول قوس ١° من خط جاني يأخذ في الازدياد بازدياد العرض أو كلما بتعد عن خط الاستواء واقترب من القطب وجميع الاقيسة التي اجريت في نصفي الكرة رغما عن الموانع الارضية كانت جميعها مؤكدة لذلك

(١) هذه الاطوال استحصل عليها مقدرة بالتوآز لان القاعدة المترية لم تكن وقتئذ ولكنا وضعناها هنا بالمتر

وحينئذ فالقول بكروية الارض غير صحيح والمستويات الجانبية ليست دوائر بل هى منحنيات مبططة فى جهة خط القطبين فهى تقرب من أن تكون قطوعا ناقصة محورها الاصغر هو الخط المذكور ويتحصل على شكل الارض بتدوير القطع الناقص حول محوره القطبى ويحدث مجسم القطع الناقص التحركى المبطط وأما نصف المحور الاكبر للقطع الناقص المذكور فانه يرسم مستوى خط الاستواء ومن الاقيسة المذكورة يمكن تخطيط منحن خط جانبى بالضبط وذلك أن نأخذ طولا اختياريا و ا = ىو مبينا لنصف قطر خط الاستواء الارضى المعلوم ثم نجعل و مركزا ونرسم بنصف القطر المذكور قوس دائرة ونقطع عليه عددا ما من الدرج مثل د وليكن ا اَ (شكل ٢٨) هو القوس المذكور فيمكن حساب نصف قطر القوس اَ اً التالى الذى عدد درجه د أيضا لان طول هذا القوس صار قياسه ويكون نصف القطر الجديد مبينا بالتناسب



ش ٢٨

$$\frac{ىوَ}{ىو} = \frac{اَ اً}{ا اَ}$$

ثم يؤخذ على اَ و طول اَ وَ مساو لنصف القطر الجديد ثم من نقطة وَ كمركز وبنصف قطر وَ اَ نرسم قوسا جديدا اَ اً ويؤخذ عليه درج مساو د ويحسب نصف قطر القوس التالى وهكذا الى أن يتم رسم ربع الخط الجانبى ويرى أن المنحنى ا ب يكاد أن ينطبق على ربع قطع ناقص نصف محوره الاكبر هو ح ا ونصف محوره الاصغر ح ب

٥٤ — تبطيط الارض — لاجل تتميم تعيين شكل الارض وابعادها ينبغى حساب طول نصف المحور الاصغر أو نصف القطر القطبى وطول نصف المحور الاكبر أو نصف قطر خط الاستواء ولقد استخرجت هذه الاطوال من النتائج التى استحصل عليها بقياس أقواس من الخط الجانبى فى عروض مختلفة وسيأتى بيان مقاديرها بالامتار . ويتعلق شكل المجسم الناقص بالنسبة بين طولى محوريه الاكبر والاصغر أو الكسر الذى يقاس به التبطيط ونسبة الفرق بين نصف قطر خط الاستواء ونصف القطر القطبى الى نصف قطر خط الاستواء نفسه تسمى تبطيطا فاذا كان ا رمزا لنصف قطر خط الاستواء أو نصف المحور الاكبر للقطع

الناقص الجانبي و ب لنصف القطر القطبي أو نصف المحور الاصغر له يكون تبطيط الارض مبينا بالمقدار $\frac{ا - ب}{ا}$

و باعتبار الاقيسة الجديدة التي أجريت على أقواس من الخط الجانبي يكون مقدار تبطيط الارض اليوم هو $\frac{١}{٢٩٣}$

ومن ذا يرى أن نصف قطر خط الاستواء يزيد عن نصف القطر القطبي بقدر جزء واحد من ٢٩٢ جزأ من مقداره المخصوص فاذا أخذت كرة صناعية وجعل قطرها الاستوائي ٢٩٢ ملليمترا يجب أن يعطى لمحور القطبين ٢٩١ ملليمترا و يكون الفرق بين المحورين هو ملليمتر واحد وهو وان كان لا يدرك بالنظر ولكنه ذا أهمية علمية عند الفلكيين والمهندسين(١)

٥٥ — الابعاد الحقيقية للمجسم الناقصي الارضي — ينتج من الاعمال التي أجريت لتعيين طول الدرجات ان للقطع الناقص الجانبي انفرادا كليا يزيد عن ٤٠ مليون مترا ونصف قطر خط الاستواء هو تقريبا ٦٣٧٨٤٠٠ متر ونصف القطر القطبي هو ٦٣٥٦٥٠٠ متر ونصف القطر المتوسط بينهما أو نصف قطر الارض معتبرة كروية هو ٦٣٧١٠٠٠ مترا وحينئذ فسمك الانتفاخ الاستوائي هو تقريبا ٢١٩٠٠ مترا وبعبارة أخرى ان التبطيط الكلى للكرة الارضية هو ٤٤ كيلومترا

٥٦ — عدم انتظام العوالى الارضية — ارتفاع الجبال وعمق البحار — العوالى الارضية غير منتظمة فان بعض القارات مرتفع كثيرا عن سطح البحر و بعضها مرتفع قليلا والارتفاع المتوسط للاراضي فوق تسوية البحر لا يقل عن ٣٠٠ مترا أعنى جزأ من عشرين ألف جزء من نصف القطر المتوسط تقريبا

وأعلى الجبال المعروفة لا يزيد ارتفاعه فوق تسوية البحر عن ٩٠٠٠ مترا وهذا المقدار هو جزء من سبعمائة جزء من نصف قطر الارض وعلى كرة نصف قطرها متر لا يزيد ارتفاع أعلى الجبال كجبال هيمالايا عن السطح العمومي بأكثر من ملليمتر ونصف (١,٤ ملليمتر) وأغلب العلاوى الاخرى يستحيل تمييزها تقريبا ولا يصح لنا حينئذ أن نشبه هذه الجبال بالنسبة للارض بتضاريس البرتقانة كما هو الجاري لانها في الحقيقة اقل من ذلك

وأما العمق المتوسط للبحار فيبلغ ٦٠٠ مترا ونهايته العظمى تبلغ ١٠٠٠٠ مترا

(١) تبطيط الارض عند قطبيها وانتفاخها عند خط الاستواء ناشئ عن سيولتها في الاصل ونتيجة تأثير فعل القوة الطاردة المركزية الحادثة من الحركة الدورانية والسيارات التي هي المشترى وزحل التي حركتها الدورانية أسرع من حركة الارض تبطيطها أعظم من تبطيط الارض

وبمعرفة المقادير المتقدّمة لانصاف الاقطار يتوصل الى معرفة سطح الارض وحجمها فيوجد أن السطح الكلي للارض يحتوي تقريبا على ٥٠٩ مليون كيلومترا مربعا وتشغل مياه البحر من هذا السطح ٣٨٣٠٠٠٠٠٠ كيلومترا مربعا والباقي وقدره ١٢٦ مليون للقارات والجزائر بمعنى انها تكون ربع السطح الكلي للارض

وأما حجمها فانه يزيد عن ألف مليار كيلومتر مكعب (١٠٧٩٥٠٠٠٠٠٠٠)

٥٧ — ولاجل تتميم ما يختص بابعاد الارض نذكر لك الجدول الآتي

| | | |
|---|---|---|
| نصف قطر قطبي | ٦٣٥٦٥٥٠ | متر |
| « « استوائي | ٦٣٧٨٤٠٠ | « |
| « « متوسط | ٦٣٧١٠٠٠ | « |
| محيط خط جانبي | ٤٠٠٠٨٠٣٢ | « |
| « « الاستواء | ٤٠٠٧٦٦٣٠ | « |
| « « موازى ٤٥° | ٢٨٠٤٢٠٠٠ | « |
| طول درجه من خط جانبي — قطبي | ١١١٦٩٠ | « |
| طول درجه من خط جانبي — استوائي | ١١٠٥٨٥ | « |
| طول درجه من خط جانبي — متوسط | ١١١١٣٣ | « |
| تفطيح الارض | ١/٢٩٢ | |
| السطح الكلي للارض | ٥٠٨٦٠٠٠٠٠ | كيلومتر مربع |
| « « للبحار | ٣٧٣٠٠٠٠٠٠ | « |
| « « للقارات والجزائر | ١٣٥٦٠٠٠٠٠ | « |
| حجم الارض | ١٠٧٩٥٠٠٠٠٠٠٠ | كيلومتر مكعب |
| ارتفاعات أعلى الجبال فوق تسوية البحر — الجبل الابيض (أوروبا) | ٤٨١٠ | متر |
| جاوريزانكر (آسيا) | ٨٨٤٠ | « |
| كليمانفاروا (أفريقا) | ٥٧٠٥ | « |
| تنريف (أفريقا) | ٣٧١٦ | « |
| اكونجاجا (أمريقا) | ٦٨٣٤ | « |
| شيمبورازو (خط الاستوا) | ٦٥٣٠ | « |
| بركان مونالو | ٤١٩٧ | « |
| نهاية قطبي لعمق البحار — الاطلانطيقي الشمالي | ٧٠٠٠ | « |

# الفصل الرابع

## الحركة الدورانية للارض

٥٨ — تدور الارض حول خط قطبيها بسرعة منتظمة وتتم دورة كاملة في يوم نجمي ولاقامة الدليل على ذلك نقول

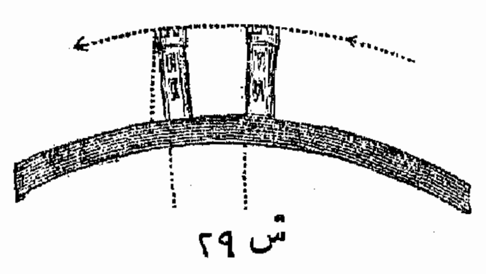
أولا — اذا نظرنا الى السيارات كالمريخ والمشترى وزحل بنظارة يرى في قرصها بقع دائمة تنتقل عليه فتختفي في حافة منه لتظهر من الحافة المقابلة ومن ذا يستدل على أن لهذه الاجسام الكروية حركة مشابهة بالكلية للحركة التي تحدث ظواهر الحركة اليومية على الكرة الارضية ومن تشابه هذه الحركات يستنتج أن الارض تدور حول محورها بسرعة منتظمة وتتم دورة كاملة في مدة يوم نجمي

ثانيا — اذا كانت الارض ساكنة لكانت الحركة الدورانية منسوبة للكرة النجمية في جهة عكسية وهذا الامر لا يمكن القول بصحته مالم يتوهم كما كان يزعم الفلكيون القدماء أن النجوم مثبتة في قبة جامدة وأن هذه القبة هي التي تدور حول محور مار بالكرة الارضية وهو وهم فاسد لان النجوم ليست نقط مضيئة مرتبط بعضها ببعض بل هي في الحقيقة كما أكدته الارصاد أجسام مستقل بعضها عن بعض وحينئذ يصعب تصور الحركة المشتركة لجميع هذه الاجسام المنفصلة حول محور مار بالارض لان هذه الحركات التي لا تحصى التي ليست متعلقة ببعضها الحادثة عن أجسام موجودة في الفراغ على ابعاد حيثما اتفق لابد وان تكون ذات سرع مبينة باعداد فوق التصور فانه على حسب ابعاد النجوم وأوضاعها الظاهرية تختلف هذه السرع اختلافا عظيما وتكون بالنسبة لبعضها معدومة بالقرب من القطبين وكأنها غير محدودة بالقرب من دائرة المعدل على انه يلزم لاجل حصول مثل هذه الحركة ان يكون بين السرع المذكورة نسب بحيث أن النجوم تتم جميع دوراتها غير المتعلقة ببعضها وغير المتساوية بالكلية في مسافة زمنية واحدة وهو محال وحينئذ تكون الارض هي المتحركة والنجوم ثابتة

٥٩ — اثبات دوران الارض بالتجربة — اذا ترك جسم ثقيل ونفسه من قمة برج رأسى فانه على فرض ان الارض ساكنة يتبع الجسم المذكور بداهة في سقوطه اتجاه الرأسى وهو اتجاه التثاقل ويقع على الارض عند قاعدة البرج

ولا يكون الامر كذلك اذا كانت الارض متحركة فانه يجب حينئذ ان يسقط الجسم الثقيل بعيدا قليلا عن قاعدة المبنى وفي شرقيه

وحقيقة فانه فى اللحظة التى يبتدئ سقوط الجسم فيها يكون متأثراً بثلاث قوى وهى جذب الكرة الارضية والقوة المركزية الطاردة والقوة المركزية الطاردة المركبة فمحصلة القوتين الاوليين هى التثاقل الذى اتجاهه هو الرأسى بالضبط وحيث انه مقرر فى علم الميكانيكا أن القوة الثالثة تنتج زوغاناً نحو الشرق يكون (للارتفاع الواحد للسقوط) فى نهايته العظمى عند خط الاستواء و يأخذ فى النقص بازدياد العرض فحينئذ يتبين أن الاجسام التى تسقط بنفسها فى الهواء تكابد زوغاناً شرقياً وتصعب مشاهدته لانه كما ثبت بالحساب صغير و يختلط بأسباب الزوغان التى تنشأ من هبوب الرياح مثلا وقد عملت تجربة فى بئر معدنى عمقه ١٥٨,٥ مترا ووجد أن الجسم الساقط كابد زوغاناً جهة الشرق قدره ٢٨,٣ ملليمترا (شكل ٢٩)



ش ٢٩

٦٠ - تجربة فوكو - ينسب الى ليون فوكو تجربة أثبتت دوران الارض وأجريت هذه التجربة فى سنة ١٨٥١ تحت قبة پنتيون وهى عبارة عن بندول مكون من كرة ثقيلة من النحاس الاصفر معلقة فى مركز الشخشيخة بواسطة خيط من الصلب طوله ٦٤ مترا ثم ان (فوكو) أخرج البندول من وضعه الرأسى ثم تركه لفعل التثاقل وأجرى جميع الاحتراسات اللازمة لكى لا يحصل للبندول دفع يجعله ينحرف جهة اليمين أو جهة الشمال فلو كانت الارض ساكنة لاستمر البندول يتحرك فى المستوى الرأسى الذى أعطى له فى أول مرة لكن المعلم (فوكو) رآه يكابد زوغاناً متتالياً من الشرق الى الغرب حتى انه فى مسافة ساعة تباعد مستوى رجات البندول عن اتجاهه الاصلى بقدر ١١ درجه لكن هذا الزوغان ظاهرى وهو ناشئ عن الحركة الحقيقية الدورانية للكرة الارضية الحاصلة من الغرب نحو الشرق (١)

٦١ - تطيط الكرة السائلة - قد ذكرنا فيما سبق أن تطيط الارض أو شكل الجسم الناقص الذى لها ناتج عن الحركة الدورانية وهو الاثر المستمر الدال على أن المادة التى تكون الارض كانت فى الاصل سائلة

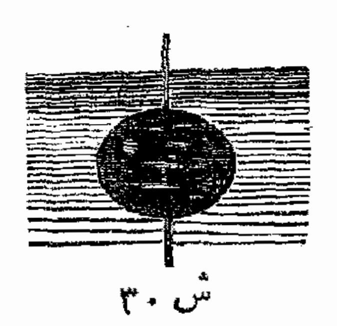
---

(١) يثبت فى علم الميكانيكا أولا - ان البندول الموضوع فى أحد قطبى الارض ونقطة تعليقه على امتداد محور الدوران يظهر أنه يرسم دورة كاملة فى يوم نجمى فى جهة مضادة لحركة الارض وحيث أن مستوى الرجات غير متغير بداهة فالراصد الذى لم يشعر بحركة الارض ينسب حركته الخاصة لمستوى الرجات

ثانيا - ان فى خط الاستواء زوغان مستوى الرجات معدوم

ثالثا - ان فى عرض محصور بين ٠° و ٩٠° فالزوغان الظاهرى لمستوى الرجات الذى هو دائما فى جهة القطب القريب منه يكون كبيرا كلما كان العرض كبيرا (وهو متناسب بجيب العرض)

فعندما كانت كتلة الارض فى قديم الزمان سائلة وكان سطحها لم يجمد بالتبريد لابد من أن يكون الجذب المشترك للعناصر قد شكل المجموعة بشكل كروى مضبوط هذا اذا لم تكن متأثرة بحركة دوران لكن حيث ان مثل هذه الحركة ينشأ عنها قوة مركزية طاردة تضاد قوة التثاقل جزئيا فبهذه القوة كانت تميل لابعاد العناصر عن المحور و يكون تأثير ذلك أعظم كلما كانت سرعتها أعظم أعنى كلما كانت أقرب الى خط الاستواء ولم يتأت حصول التوازن الامن بعد أن أخذت الكتلة شكل المجسم الناقصى المبطط عند قطبى الدوران وقد صارت نتائج هذه النظرية بديهية بالتجربة المنسوبة الى المعلم (پلاتو) (شكل ٣٠) وهى ان نقطة الزيت المعلقة فى سائل متكون من مخلوط من الماء والكؤل بحيث تكون كثافته ككثافة الزيت تأخذ الشكل الكروى متى تركت



ش ٣٠

ثابتة لكن بمجرد ما تعطى حركة دوران بواسطة صفيحة رقيقة معدنية مستويها مار بمركز النقطة يشاهد أن الكرة يتغير شكلها وتؤل الى مجسم ناقصى يزداد تبطيطه كلما ازدادت سرعة الدوران فهذا هو الذى يجب ان يكون حصل للارض حينما كانت فى حالة سيولتها الاصلية والشكل الذى أخذته حينئذ قد حفظته بالضرورة بعد تجمد سطحها وقد بقى تبطيط الارض شاهدا على التأثير الذى أحدثه الدوران فى الاصل على شكلها ويؤيد وجود هذه الحركة فى الاصل

٦٣ — دوران الارض وذبذبة البندول من خط الاستواء الى القطبين — ومما يؤيد دوران الارض النظر الى الفرق الذى يرى فى عدد رجات بندول ذى طول ثابت حينما ينقل ذلك البندول من عرض الى آخر فقد دلت التجربة على ان عدد رجات مثل هذا البندول فى مسافة ثانية مثلا يأخذ فى الازدياد من خط الاستواء الى القطبين وهذا الازدياد يدل على تغير مطابق فى شدة التثاقل وهو تغير ينسب لسببين مرتبطين بحركة دوران الارض السبب الاول هو شكل كرويتها المبطط الذى يجعل النقطة من السطح تقرب من مركز جذب الارض كلما كبر عرضها . وحيث ان القوة الجاذبة التى تنتج التثاقل مناسبة لعكس مربع البعد فيجب حينئذ أن تأخذ فى الازدياد من خط الاستواء الى القطبين أعنى من أبعد النقط عن المركز الى أقربها منه

والسبب الثانى هو ان القوة المركزية الطاردة المتولدة من الدوران تزداد بازدياد نصف قطر الموازى المرسوم (أى نصف قطر الدوران) وحيث انها تضاد جزئيا للقوة الجاذبة فتنقص هذه الاخيرة بأخذ فى الازدياد من القطب الى خط الاستواء

وبحساب تأثير هذين السببين معا على حركة ذبذبة البندول يوجد ان عدد الرجات يجب أن يأخذ فى الازدياد بازدياد العرض وذلك على حسب قانون معلوم قد حققته الارصاد

٦٣ - سرعة الدوران لنقطة من السطح فى عروض مختلفة - حيث ان حركة الدوران منتظمة ومشتركة بين جميع النقط الارضية فيسهل استنتاج السرعة التى تتحرك بها نقطة حيثما اتفق من السطح سواء كانت فى خط الاستواء أو فى عرض آخر

وذلك ان محيط خط الاستواء ٤٠٠٧٦٦٣٠ مترا فبقسمة هذا العدد على ٨٦١٦٤ وهو مدة الدورة محولة الى ثوان (١) فخارج القسمة يكون هو سرعة النقطة فى مدة ثانية ومقداره هو ٤٦٥ مترا وفى عرض مصر مقدار السرعة هو ٤١٩ مترا ومقداره فى باريس هو ٣٠٥ مترا

وقد قلنا أن القوة المركزية الطاردة الناشئة عن سرعة الدوران تضاد فعل التثاقل ولذلك تنقص شدته وثقل الجسم المنقول من القطبين الى خط الاستواء ينقص فى خط الاستواء نفسه بقدر جزء من ٢٨٩ من مقداره وهذا النقص منسوب لفعل القوة المركزية الطاردة فقط وهو نقص لا يقل عن ٣,٥ جراما فى كل كيلوجرام الا قليلا

وقد حسبوا انه اذا كانت السرعة الزاوية لدوران الارض تصير قدر أصلها سبعة عشر مرة فان القوة المركزية الطاردة تتزن بالضبط مع ثقل الجسم فى خط الاستواء ويصير ثقل الجسم فيه معدوما

٦٤ - الجو - تركيبه وثقله - تحاط الارض من جميع الجهات بغاز ضرورى لوجودنا وعلى أى ارتفاع يرتقى اليه يوجد الهواء دائما لكن من المحقق أن هذا الهواء لا يمتد الى غير نهاية فى الفراغ بل يكون حولنا طبقة تسمى جوّا . ويتكون من الجو والكرة الارضية جسم واحد لانها تجذبه اليها ويشترك معها فى جميع حركاتها

ويظهر ان تركيب الجو ثابت فى جميع الاقطار وفى جميع الارتفاعات وهو مخلوط من الاكسيجين والازوت بنسبة ٢٠,٨٠ حجم من الاكسيجين الى ٧٩,٢٠ من الازوت وبنسبة ثقل قدره ٢٣ جزأ من الاكسيجين الى ٧٧ من الازوت ويحتوى خلاف ذلك على بخار الماء وأثر من حمض الكربونيك

وللجو جميع خواص الغازات . ومرونته وكثافته يتناقصان كلما ارتفع الانسان وذلك لان الهواء جسم ثقيل كباقى الغازات وعليه يجب أن تكون الطبقات السفلى أكثف وأكثر

---

(١) سيرى فيما سيأتى ان اليوم النجمى أقصر من اليوم الوسطى بقدر ٥٦ق ٣ث وحيث ان عدد الثوانى الموجودة فى اليوم الوسطى هو ٨٦٤٠٠ ثانيه فالحركة الدورانية تحصل فى ٨٦١٦٤ فقط

انضغاطا من الطبقات العليا التى تحمل ثقلها او بالاقتراب من نهاية الجو يجب مقابلة طبقات خفيفة للغاية وقليلة المرونة جدا

وحرارة الطبقات الجوية تنقص بقدر ١° فى كل ١٥٠ مترا أو ٢٠٠ مترا من الارتفاع لغاية ٧٠٠٠ مترا تقريبا ويظن أن التناقص بعد هذا الارتفاع أقل من ذلك وان الطبقات الاخيرة ذات حرارة لا تنخفض عن — ٦٠°

وأما ثقل الجو فيمكن تعيينه على وجه التقريب بالاعتبارات الآتية وهى ان الضغط الجوى يتزن بعمود من الزئبق ارتفاعه ٧٦ سنتيمترا أو بعمود من الماء ارتفاعه ١٠٫٣٣٤ مترا وبناء عليه فالضغط الكلى على سطح الارض أعنى ثقل الجو يعادل ثقل عمود من الماء قاعدته سطح الارض وارتفاعه ١٠٫٣٣٤ مترا وبفرض ان نصف قطر الارض المساوى ٦٣٦٦١٩٨ مترا رمزه نق فثقل الجو مقدرا بالطونولاته يكون

٤ ط نق٢ × ١٠٫٣٣٤ = ٥٢٦٣٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ تقريبا

وهو يعادل ثقل ٥٨٥٠٠٠ مكعب من النحاس كل مكعب ضلعه كيلومتر واحد

**٦٥ — الضوء المنتشر** — وللهواء الجوى مزية أخرى مهمة للغاية هى أنه الواسطة فى نور النهار قبل أن ترسل لنا الشمس أشعتها وذلك لان اجزاءه تعكس الاشعة الضوئية التى تسقط على سطحها فى جميع الجهات سواء أتاها هذا الضوء من الشمس مباشرة أو من انعكاسات سابقة وهذا ما يسمى بالضوء المنتشر أو المتفرق

فاذا لم يكن جو فان جميع النقط الارضية التى لا تكون مستضيئة بالشمس مباشرة والتى لا تتلقى الاشعة التى تعكسها المادة الارضية تصير مغمورة فى ظلمة تامة ولون السماء الازرق الذى هو لون الهواء منظورا من سمك عظيم لا يرى وتصير السماء حالكة السواد ويمكن وقتئذ رؤية النجوم والسيارات وقت الظهر والانتقال من النهار الى الليل يحصل دفعة واحدة بمجرد غروب الشمس لا تدريجيا كما هو الحاصل كان النهار يمحو ظلمات الليل بمجرد ظهور الشمس ثانيا فى الافق

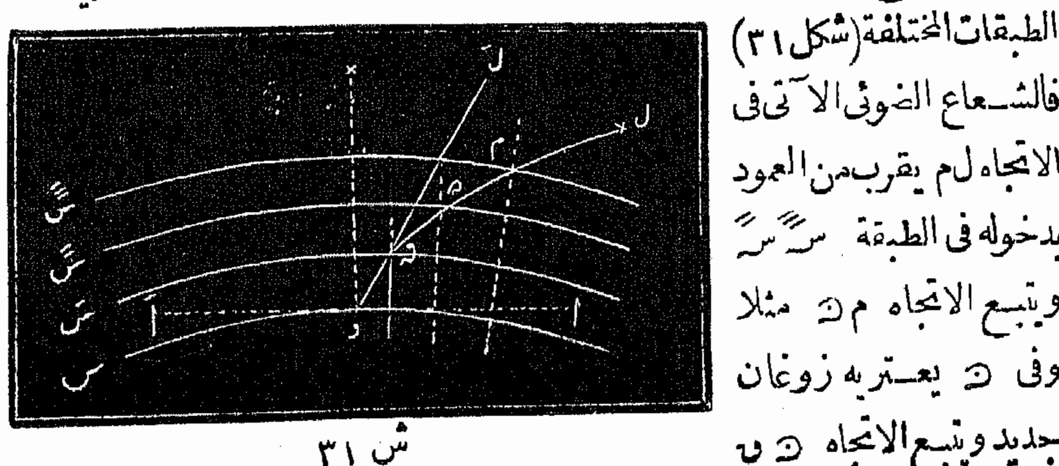
**٦٦ — ارتفاع الجو** — اذا كان الجو متجانسا سهل حساب ارتفاعه وذلك انه لما كان أخف من الزئبق بقدر ١٠٤٦٠ مرة فان سمك طبقة الهواء التى تتزن بعمود من الزئبق ارتفاعه ٧٦ سنتيمترا تصير بداهة ١٠٤٦٠ × ٠٫٧٦ أو ٧٠٥٠ مترا تقريبا ولكن ذلك انما هو نهاية صغرى لان كثافة الهواء تأخذ فى النقص كلما بتعد عن سطح الارض والحسابات التى أجراها المعلم (بيوت) المؤسسة على ارصاد غيلوساك وغيره تعين للجو سمكا قدره ٤٨٠٠٠ مترا وهو تقريبا $\frac{١}{١٣٠}$ من نصف قطر الارض

٦٧ — تعتم الضوء بالجو — شكل القبة السماوية المنحط — اذا كان الجوّ شفافا للغاية فان الاشعة الضوئية التى تمر منه لا يعتريها أدنى عتمة مهما كان اتجاهها لكن ليس الامر كذلك فان الهواء يعتم الاشعة التى تمر منه شيأفشيأ وتأخذ هذه العتمة فى الازدياد بالطبع بازدياد كثافة طبقة الهواء فالشعاع الذى يأتى من الافق يمر من طبقة من الهواء أكثف من التى يمر منها الشعاع الذى يأتى من السمت بقدرست عشرة مرة ولهذا السبب يمكننا أن ننظر الى الشمس فى الافق ونتحمل ضوءها بدون أن يحصل خطر لابصارنا والابخرة الكثيفة الموجودة دائما فى الاجزاء السفلى من الجوّ تضعف الضوء أيضا وعلى رأى (بوجيه) ضوء الشمس فى الافق أقل منه فى السمت بقدر ١٣٥٠ مرة

والضوء الذى يأتينا من الاشياء الارضية الموضوعة فى الافق أو من الكواكب فى لحظة شروقها ضعيف جدا بالنسبة للضوء الذى تبعثه لنا الكواكب الكائنة بجوار السمت ولذلك نرى هذه الكواكب أقرب الينا من تلك ولهذا يظهر شكل القبة السماوية منحطا

٦٨ — انكسار الجوّ — يمتد الضوء على خط مستقيم فى وسط متجانس لكن عند ما يقابل شعاع ضوئى السطح الفاصل بين وسطين فى اتجاه مائل فانه يزوغ ويسمى هذا الزوغان انكسارا واذا مدّ عمود على السطح الفاصل بين وسطين من النقطة التى ينكسر فيها الشعاع الساقط فان هذا العمود والشعاع يعينان مستويا يسمى مستوى السقوط وعوضا عن أن يستمر الضوء فى طريقة على خط مستقيم يزوغ ويقرب الشعاع الضوئى المنكسر أو يبعد عن العمود بدون أن يخرج عن مستوى السقوط فيقرب من العمود اذا حصل المرور من طبقة هوائية الى أخرى أكثف منها او يبعد فى الحالة العكسية

اذا تقرر هذا يمكن قبول ان الجو مركب من طبقات متحدة المركز كثافتها تأخذ فى النقص كلما بعدت عن سطح الارض ولتكن س و سَ و سً ... السطوح الفاصلة بين هذه الطبقات المختلفة (شكل ٣١) فالشعاع الضوئى الآتى فى الاتجاه ل م يقرب من العمود بدخوله فى الطبقة سً سً ويتبع الاتجاه م ن مثلا وفى ن يعتريه زوغان جديد ويتبع الاتجاه ن ى



ش ٣١

فى الطبقة س َس َ وأخيراً زوغ فى ن ويتبع الاتجاه ن و داخل الطبقة س َس َ
بحيث ان الراصد الموجود فى و يرى الشئ فى الاتجاه و ل َ وفى الحقيقة لا يتبع الضوء
خطا منكسرا بل خطا منحنيا لان كثافة طبقات الهواء تأخذ فى الازدياد بدرجة غير محسوسة
والراصد يرى الشئ المضىء ل فى اتجاه المماس فى و لخط السير المنحنى وصورة الكوكب
أو وضعه الظاهرى لا يدل حينئذ على وضعه الحقيقى وبالنسبة للراصد يكون الارتفاع
الظاهرى للكوكب فوق الافق أكبر من الارتفاع الحقيقى وتلك هى الظاهرة المسماة
بانكسار الجو وجميع الكواكب توجد بهذه المثابة فى غير مواضعها
وحيث ان الخطأ يكون أعظم كلما كانت الطبقات المقطوعة أكثر كثافة وأكثر ميلا بالنسبة
للاشعة الضوئية فلا يكون الانكسار واحدا للارتفاعات المختلفة
وقد اشتغل جملة مهندسين بمسئلة انكسار الجو وقد أوصلتهم أعمالهم الى انشاء جدول يؤدى
الى درجة ضبط كافية وفيه مقادير الانكسار المتوسط لجميع الارتفاعات الظاهرية وهاك
بعض الاعداد الموجودة بذلك الجدول

| ارتفاع ظاهرى | انكسار | ارتفاع ظاهرى | انكسار |
|---|---|---|---|
| ° | ′ ″ | ° | ′ ″ |
| ٠ | ٣٣ ٤٧٫٩ | ٤٠ | ١ ٠٩٫٤ |
| ٥ | ٩ ٥٤٫٩ | ٦٠ | ٠ ٣٣٫٧ |
| ١٠ | ٥ ٢٠٫٠ | ٨٠ | ٠ ١٠٫٣ |
| ٢٠ | ٢ ٣٨٫٩ | ٩٠ | ٠ ٠٠٠ |

فاذا كان الارتفاع الظاهرى لكوكب ٤٠° مثلا فيلزم أن يطرح من الارتفاع المرصود
الانكسار المطابق أعنى ٤ر٩ً ١َ ويكون مقدار الارتفاع الحقيقى ٦ر٥٠ً ٥٨َ ٣٩°

٦٩ — تأثير الانكسار — اذا كانت ظاهرة الانكسار تنقل الكواكب فلا يفوتنا
انها لا تغير وضع المستوى الرأسى الذى توجد فيه هذه الكواكب مطلقا وبناء على ذلك
لا يمكن أن يغير الانكسار الزاوية السمتية للكوكب ولا لحظة مروره بمستوى الزوال
ولا مطلعه المستقيم واما الميل والبعد القطبى فهما اللذان يلزم تصحيحهما لانهما يتعلقان
بارتفاع الكوكب وقت الزوال

٧٠ — تبطيط قرص الشمس الناشئ عن انكسار الجوّ — عندما توجد الشمس أو القمر فى الافق يعترى الاشعة الضوئية التى تنبعث من الحافة السفلى انكساراً أكثر مما يعترى التى تنبعث من الحافة العليا والاجزاء السفلى من القرص المضىء تكون حينئذ مرتفعة كثيرا وينتج من ذلك ان الكوكب الذى كان مبططا فى نصفه العلوى سابقا يكون مبططا أكثر فى نصفه السفلى وهذه الظاهرة يسهل مشاهدتها فى لحظة شروق وغروب القمر أو الشمس

# الباب الثالث

## الشمس والارض

## الفصل الاول

### الحركة السنوية الظاهرية

٧١ — الحركة التى تختص بها الشمس — لا يخفى أن النجمة الواحدة ترسم دائما موازيا سماويا واحدا وتشرق وتغرب على الدوام فى نقطتين من الافق لا تتغيران وتمر بمستوى الزوال كل يوم على ارتفاع واحد فى لحظة نجمية واحدة لكن اذا نظرنا الى الشمس نجد الامر ليس كذلك فانها وان كانت مشتركة فى الحركة اليومية فتشرق من الشرق وتمر بمستوى الزوال ثم تغرب فى الغرب لكن نقط شروقها وغروبها تتغير فى خلال سنة ويتغير ارتفاعها عند مرورها بمستوى الزوال ولحظة هذا المرور من يوم الى آخر وبعبارة أخرى ان القوس اليومى الذى ترسمه فوق الافق يتغير فى الوضع والسعة من يوم الى يوم

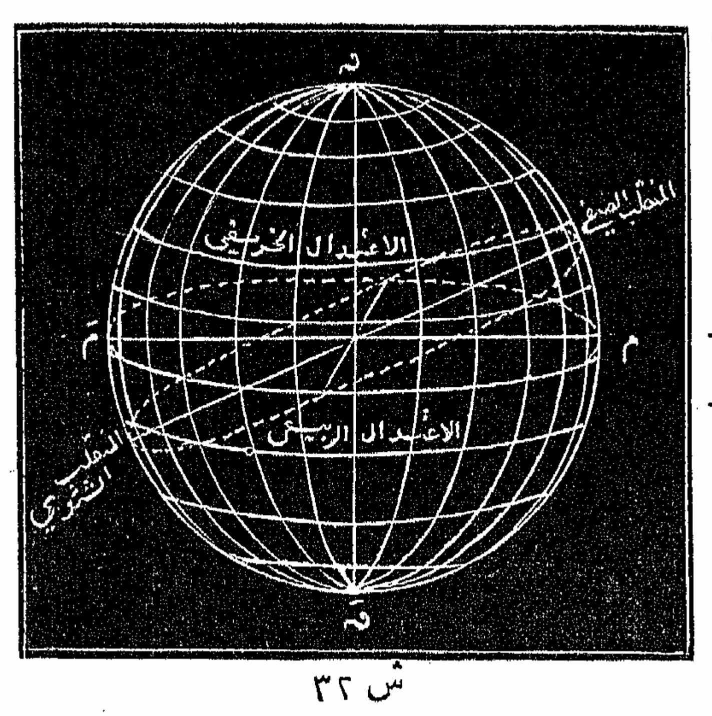
وهذه التغيرات المختلفة تنشأ عن الانتقال الظاهرى للشمس على القبة السماوية وهى حركة حاصلة من الغرب الى الشرق أعنى فى عكس جهة الحركة اليومية وهذه هى المسماة بالحركة الخاصة للشمس

٧٢ — انشا المدار الظاهرى للشمس — يمكن تحقيق هذا الانتقال بتعيين الوضع الذى تشغله الشمس فى كل يوم على القبة السماوية أعنى قياس مطلعها المستقيم وميلها بواسطة النظارة الزوالية والبندول النجمى بالطرق التى تقدمت

والذى يعين هو المطلع المستقيم والميل لمركزها لانها ليست نقطة مضيئة كالنجوم بل قرصها يظهر على شكل دائرة وكيفية التعيين أن يرصد المروران المتتاليان لحافتيه الشرقية والغربية بالمحور البصرى للنظارة ومتوسط زمنى هذين المرورين يكون هو لحظة مرور مركزها بالمحور البصرى المذكور وكذلك يقاس البعدان السمتيان لحافتيه العليا والسفلى ومتوسطهما يكون هو البعد السمتى للمركز وبالتبعية يحصل الميل

ويسهل حينئذ تعليم النقط التى تشغلها الشمس فى جملة أيام ولتكن فى مدة سنة كاملة على كرة سماوية صناعية

٧٣ — الدائرة الكسوفية — اذا وصلت النقط المحصلة بهذه الكيفية مع بعضها بخط مستمر (شكل ٣٢) يتحقق ان لهذا المنحنى شكل محيط دائرة عظيمة من الكرة مستويها مائل على مستوى دائرة المعدل بقدر (٢٣° ٢٧َ) وهذا هو المدار الظاهرى الذى ترسمه الشمس فى مسافة سنة وستعرف فيما سيأتى أسباب تسميته بالدائرة الكسوفية




ش ٣٢

٧٤ — الاعتدالان والمنقلبان — الدائرة الكسوفية تقطع دائرة المعدل فى نقطتين متقابلتين على قطر واحد تسميان نقطتى الاعتدال أو الاعتدالين وسميا بهذا الاسم لان الشمس عند ما تحل فى هذين الوضعين المخصوصين فى وقتين معلومين من السنة يكون الليل والنهار متساويين فى جميع بقاع الارض

وميل الدائرة الكسوفية على دائرة المعدل وهو ٢٣° ٢٧َ يجعل الشمس تقطع نصف مدارها فى نصف الكرة السماوية الشمالى والنصف الآخر فى نصفها الجنوبى وميل الشمس الذى يكون معدوما فى كل اعتدال يأخذ أولا فى الازدياد ويصل نهاية عظمى ثم يتناقص بعد ذلك الى أن ينعدم فى الاعتدال الثانى

والوضعان اللذان فيهما يكون للشمس أعظم ارتفاع فوق مستوى دائرة المعدل يسميان منقلبين وفى أيام وجود الشمس فى المنقلبين يظهر كأنها واقفة

٧٥ — السنة الانقلابية واليوم الشمسى — لنفرض انه ابتدئ بتعيين المطلع المستقيم والميل للشمس يوم كانت موجودة على دائرة المعدل أعنى حين كانت فى أحد الاعتدالين ثم انتظرت حتى تتم دورة كاملة على الدائرة الكسوفية بحيث توجد بالثانى فى نقطة الاعتدال بعينها ففى هذه المدة يوجد أن الشمس قد مرت على مستوى الزوال ٣٦٥ مرة ومضى زيادة على ذلك ربع يوم تقريبا

فهذه هي مدة السنة الانقلابية التي تساوى ٣٦٥ يوماشمسيا وربع يوم واليوم الشمسي هو الزمن الذي يمضي بين مرورين متواليين للشمس بمستوى زوال واحد

والاعتدالان والمنقلبان تقسم مدة السنة الى أربعة فصول وهي الربيع والصيف والخريف والشتاء فالربيع الفلكي يبتدئ من لحظة دخول الشمس في نصف الكرة الشمالي والخريف يبتدئ من اللحظة التي فيها تعبر الشمس من نصف الكرة الشمالي فتدخل في النصف الجنوبي

وليلاحظ اننا لم نتكلم هنا على السنة واليوم الشمسي والفصول الا بنسبتها للحركة الخاصة للشمس ولكننا سنتكلم عليها فيما سيأتي بالتفصيل

٧٦ — السرعة الزاوية للشمس على مدارها — الحركة السنوية للشمس حاصلة في مستو يشتمل في ان واحد على مركز الشمس ومركز الارض أو مركز الكرة السماوية ويظهر أن مركز قرص الشمس يرسم في سنة دائرة عظيمة من الكرة على أن الشكل الحقيقي للمدار المقطوع ربما كان منحنيا حيثما اتفق مرسوما في مستوى الدائرة الكسوفية ويسقط امامنا على حسب دائرة من الكرة التصورية التي يظهر أن جميع النجوم موضوعة عليها

ولاجل تعيين شكل هذا المدار يلزم معرفة الابعاد النسبية للارض عن الشمس في مدة السنة وسرعة الشمس في خلال هذه المدة

وسنبين فيما سيأتي كيفية تعيين السرعة الزاوية للشمس ولكن يمكنا هنا باعتبار تقريبي أن نقول ان الشمس من نصف نهار الى آخر تنتقل بأقل من درجة واحدة لان السنة تحتوى على ٣٦٥ يوما وربع يوم والدائرة تحتوى على ٣٦٠° بمعنى ان السرعة الزاوية للشمس في حركتها الخاصة السنوية تقل قليلا عن درجة في اليوم الشمسي

٧٧ — حركة الشمس ليست منتظمة — اذا بحثنا عن الحركة الخاصة للشمس جيدا فاننا نرى ان سرعتها الظاهرية على المنحنى الذي ترسمه في مسافة سنة ليست منتظمة فنحو أول يناير تصل هذه السرعة نهايتها العظمى التي لا تزيد عن ١٠ً ١َ ١° تقريبا ومن أول يناير الى أول يوليه تتناقص السرعة المذكورة وفي أول يوليه لا تزيد عن ١١ً ٥٧َ ثم في مدة باقي السنة تأخذ بالثاني مقادير متزايدة وفي أول يناير التالي تصل الى النهاية العظمى المذكورة

ومن ذا يتبين ان الحركة الخاصة للشمس على منحنى الدائرة الكسوفية ليست منتظمة لان انتقالاتها الزاوية في الازمنة المتساوية ليست متساوية

# الفصل الثانى

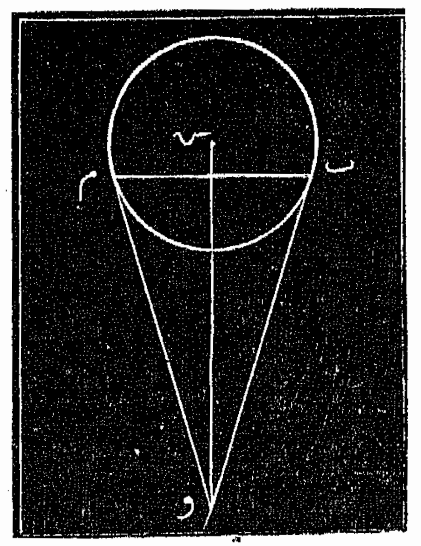
## القطر الظاهرى للشمس - الحركة الناقصية

٧٨ - تعيين شكل مدار الشمس - تعيين الشكل الحقيقى لمدار الشمس يقتضى معرفة وضع مركزها على الدائرة الكسوفية فى كل يوم من السنة وحينئذ يمكن أن يرسم فى مستوى هذه الدائرة العظمة جملة مستقيمات تمر بالمركز تدل اتجاهاتها على الاوضاع المتتالية للشمس فى مسافة سنة

فاذا كانت انصاف الاقطار المذكورة ذات طول واحد بمعنى ان بعد مركز الشمس عن مركز الارض غير متغير فان المدار الذى ترسمه الشمس يكون دائرة لكن فى الحقيقة بعد الشمس عن الارض يتغير فى مدة السنة

وذلك ان الشمس تظهر لنا على شكل قرص ذى ابعاد يمكن تقديرها فاذا كان بعدها عن الارض متغيرا فان الكبر الظاهرى للقرص المذكور أو قطره يتغير كذلك فكلما بعدت عن الارض يظهر أن القطر المذكور ينقص وكلما قربت منها حصل العكس أعنى ازدادت ابعاده الظاهرية

٧٩ - القطر الظاهرى للشمس - تغيره - يسمى قطر ظاهرى لكوكب الزاوية الواقعة بين المماسين للحافتين المتقابلتين من قرصه المارين بعين الراصد . مثلا اذا كان س (شكل ٣٣) وضع الشمس و و وضع الراصد فالزاوية الواقعة بين وم و وب هى القطر الظاهرى للشمس وسبب هذه التسمية انه لعظم البعد وس يكاد المستقيم الواصل بين نقطتى التماس وهو م ب أن يتحد بقطر الكوكب وحينئذ تكون زاوية المماسين هى الزاوية التى يرى الراصد قطر الشمس عليها



ش ٣٣

ولقياس هذه الزاوية تستعمل الدائرة الحائطية وبها يؤخذ البعدان السمتيان للحافتين العليا والسفلى فى لحظة مرور الشمس بمستوى الزوال وليكن ى و ىَ هما هذان البعدان مصلحين من الانكسار وليكن ن نصف قطر شعرة النظارة التى نفرضها مماسة من الداخل فى الرصد المنسوب للحافة العليا ومن الخارج فى الرصد الثانى وحينئذ يكون المقداران

الحقيقيان للبعدين السمتيين هما ى ــ س و ى َ ــ س اللذين فرقهما وهو ى َ ــ ى هو القطر الظاهرى للشمس

وباستعمال النظارة الزوالية نعلم على بندول نجمى لحظة تماس الحافة الغربية للقرص بالشعرة الرأسية للنظارة ثم لحظة تماس الحافة الشرقية بها ففرق الزمنين يكون هو الزمن المستعمل لمرور القطر الافقى بمستوى الزوال وبتحويل هذا الزمن الى أجزاء الدرجة نعلم الزاوية التى عليها يرى القطر الافقى والارصاد التى أجريت فى يوم واحد بكل من الدائرة الحائطية والنظارة الزوالية أعطت مقادير واحدة للقطرين الرأسى والافقى واستنتج من ذلك استدارة قرص الشمس والآلة الخاصة بقياس القطر الظاهرى هى المسماة بالهليومتر

وقد وجد أن القطر الظاهرى لايحفظ مقدارا واحدا فى الازمنة المختلفة من الحركة فيصل نهايته العظمى فى ٣١ ديسمبر ونهايته الصغرى فى أول يوليه تقريبا ومقداره المطابق لاول يناير هو ٣٢َ ٣٦ً٫٤٦ وفى الوقت الثانى المطابق الى ٢٩ يونيه هو ٣١َ ٣٢ً٫٠٤ فيتناقص من ٣١ ديسمبر الى أول يوليه ثم يتزايد بعد ذلك من أول يوليه الى ٣١ ديسمبر والمقدار المتوسط للقطر الظاهرى للشمس هو ٣٢َ ٤ً٫٢٥

٨٠ — الحضيض والاوج — ينتج من هذه الاقيسة أن بعد الشمس عن الارض يتغير مدة جميع السنة ويكون مقداره فى الشتاء أصغر من مقداره فى الصيف ففى أول يناير تقريبا يأخذ نهايته الصغرى وفى أول يوليه يصل نهايته العظمى (١)

فالنقطة من المدار التى تكون فيها الشمس فى أقرب بعد من الارض تسمى الحضيض والنقطة التى تكون فيها فى أبعد بعد تسمى الاوج

وحيث أن الارض فى الحقيقة هى التى تدور حول الشمس فيقال انها فى الرأس أو فى الذنب فى هذين الوقتين

٨١ — الشكل الناقص لمدار الشمس — حيث ان الشمس فى حركتها السنوية توجد على ابعاد من الارض متغيرة بلا انقطاع يلزم من ذلك أن مدارها غير مستدير وبقياس القطر الظاهرى للشمس يوما بعد يوم يعلم شكل المدار المذكور

ولاجل ذلك نفرض نقطة فى مستو نعتبره مستوى الدائرة الكسوفية ونمد من هذه النقطة جملة انصاف أقطار تدل على الاتجاهات التى توجد فيها الشمس على التعاقب على مدارها

(١) بما أن هذين الوقتين هما عين الوقتين المطابقين للنهاية العظمى والنهاية الصغرى للسرعة يرى ان السرعة مناسبة لعكس البعد وسيأتى بيان هذا القانون

ونأخذ عليها الابعاد صـ ن و صـ ا و صـ ب و .. صـ أ مناسبة لابعاد الشمس عن الارض وبوصل نهايات انصاف الاقطار المذكورة بخط مستمر يتحصل على منحن مشابه للذى ترسمه الشمس فى مدارها السنوى (شكل ٣٤)

والابعاد النسبية ن صـ و صـ ا و ... تستخرج من المقادير المتعاقبة للقطر الظاهرى للشمس التى هى مناسبة لها عكسا(١)

وباختبار المنحنى المرسوم بهذه الكيفية يعلم انه قطع ناقص تشغل الارض احدى بورتيه وان البعدين المطابقين للحضيض والاوج وهما صـ ن و صـ أ يكونان محوره الاكبر

٨٣ — البعدان المطابقان للحضيض والاوج — اختلاف المركز — قد عرفنا فيما سبق ان مقدار القطر الظاهرى فى أول يناير هو ٦,١٩٥٥ً الذى هو وقت الحضيض وأنه فى أول يوليه الذى هو وقت الاوج هو ١٨٩١ً فالنسبة بين البعدين صـ ن و صـ أ تكون مبينة بالمقدار (شكل ٣٤)

صـ ن / صـ ا = ١٨٩١٠ / ١٩٥٥٦

وبجعل نصف المحور الاكبر وحده أعنى البعد المتوسط للشمس عن الارض يوجد

بعد الحضيض = ٠,٩٨٣٢

بعد الاوج = ١,٠١٦٨

بعد متوسط = ١,٠٠٠٠

ش ٣٤

ولاجل معرفة شكل قطع ناقص الشمس بالتمام يلزم حساب اختلاف مركزه وهو النسبة بين بعد بورته عن مركزه وبين نصف محوره الاكبر فاذا رمز لهذه النسبة بالحرف ف يكون

هـ صـ / هـ ا = ف ومنه هـ صـ = هـ ا × ف

---

(١) لاجل البرهان على أن ابعاد الشمس عن الارض تناسب عكسا للاقطار الظاهرية نقول حيث أن الزاوية و (شكل ٣٣) صغيرة جدا فيمكن اعتبار الوتر أو القطر م ب منطبقا على القوس المرسوم بجعل و مركزا وبنصف قطر = وم وحينئذ اذا رمزنا بحرف ن لدرج الزاوية أو القوس المطابق لبعد رمزه ى فطول هذا القوس يكون مبينا بالمقدار م ب = ط ى ن / ١٨٠ ولمقدار آخر نَ للقطر الظاهرى المطابق لبعد آخر ىَ يوجد م ب = ط ىَ نَ / ١٨٠ ويكون ى ن = ىَ نَ وهذا ما أردنا بيانه

وبفرض ان ق و قَ رمز للقطرين الظاهرين للشمس فى الحضيض والاوج يحدث

$$\frac{\text{صا}}{\text{صب}} = \frac{\text{ق}}{\text{قَ}}$$

ولكن

$$\text{صا} = \text{ها} + \text{هص} \quad \text{و} \quad \text{صب} = \text{ها} - \text{هص}$$

وبالتعويض يحدث

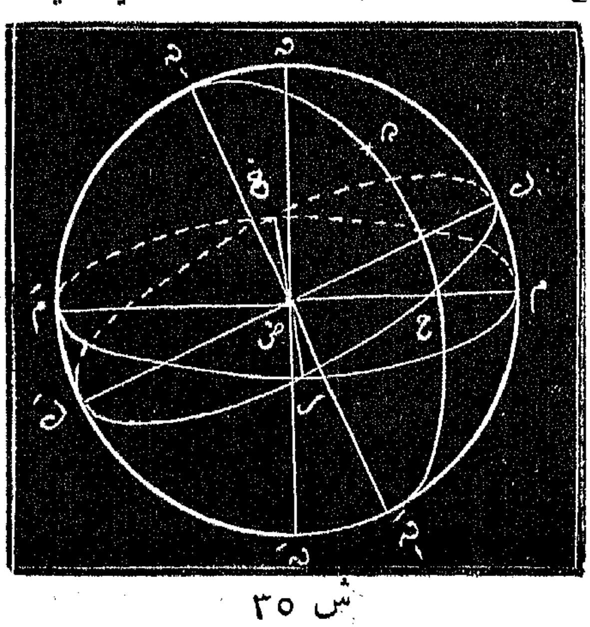
$$\text{صا} = \text{ها}\,(١ + \text{ف}) \quad \text{و} \quad \text{صب} = \text{ها}\,(١ - \text{ف})$$

ومنه

$$\frac{\text{ق}}{\text{قَ}} = \frac{١ + \text{ف}}{١ - \text{ف}} \quad \text{أو} \quad \text{ف} = \frac{\text{ق} - \text{قَ}}{\text{ق} + \text{قَ}}$$

وبناء على الاعداد السابقة يكون مقدار اختلاف مركز مدار الشمس مساويا للكسر ١٦٨ ٠,٠ الذى لايختلف كثيرا عن $\frac{١}{٦٠}$ وحينئذ فزيادة بعد الاوج عن البعد المتوسط أو زيادة البعد المتوسط عن بعد الحضيض هى جزء من ٦٠ من البعد المتوسط وبعبارة أخرى أن بعد الاوج يزيد عن بعد الحضيض بقدر جزء من ٦٠ من المحور الاكبر بتمامه

٨٣ — الاحداثيات الكسوفية — الطول والعرض السماويان — قد استعملت المطالع المستقيمة والميل لمركز الشمس لتعيين المدار الظاهرى الذى ترسمه على الكرة السماوية فى مدة سنة ولكن حيث ان هذا المدار موضوع بأكمله فى مستو ميله على دائرة المعدل غير متغير(١) قد ظهر أن الابسط ان ينسب وضع الشمس وجميع النقط المشهورة من مدارها لمستوى الدائرة الكسوفية نفسه بان تعوض المطالع المستقيمة والميل باحداثيات أخرى تحسب على الدائرة الكسوفية وعلى دائرة عظيمة عمودية على مستوى الدائرة الكسوفية (شكل ٣٥)



ش ٣٥

وليكن م مَ دائرة المعدل و ل لَ الدائرة الكسوفية و ق نقطة من

(١) هذا الميل يتغير لكن ببطء جدا او فى حدود ضيقة كما حسب ذلك الفلكيون بالدقة

الكرة السماوية فالمستويان م م و لذلك يتقاطعان فى خط يمر ضرورة بالاعتدالين ر و غ فنقطة الاعتدال الربيعى ر هى المستعملة مبدأ مشتركا للنوعين من الاحداثيات كما انها مبدأ اليوم النجمى كما تقدم

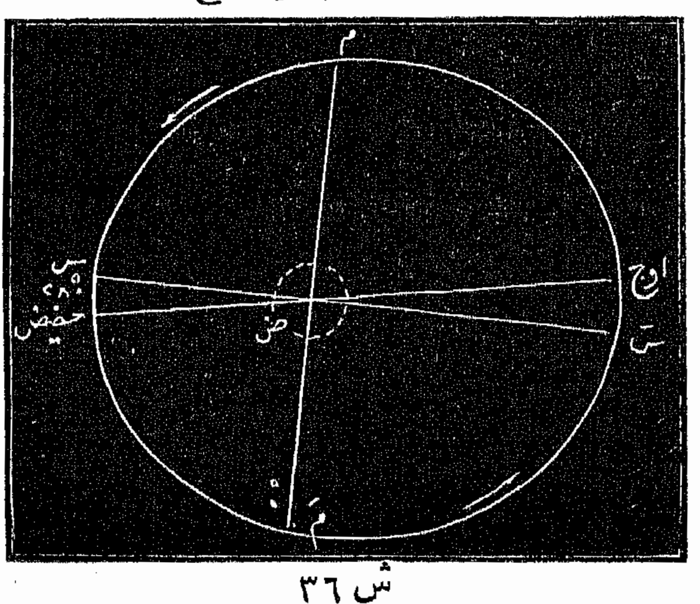
ثم نتوهم من المركز ص للكرة السماوية خطا عموديا على مستوى مدار الشمس فالنقطتان ب و بَ اللتان يقابل الكرة السماوية فيهما هما قطبا الدائرة الكسوفية والخط ب بَ هو محورها

اذا تقرر هذا فوضع نجمة مثل ن يتعين اذا علم أولا القوس ن ع المقيس على دائرة تمر بالنجمة وبقطبى الدائرة الكسوفية مقدرا بدرج ودقائق وثوان وهو المسمى عرض النجمة وثانيا القوس ر ع المحصور بين نقطة الاعتدال ر والدائرة التى يقاس العرض عليها ويسمى طول النجمة وتحسب الاطوال من ٠° الى ٣٦٠° من الغرب الى الشرق والعروض من ٠° الى ٩٠° شمالية كانت أو جنوبية

ومتى علم المطلع المستقيم والميل لنجمة يمكن بواسطة حساب المثلثات حساب طول النجمة

٨٤ — طول وعرض الشمس — حيث ان مركز الشمس دائما فى مستوى الدائرة الكسوفية لان هذا المركز هو الذى يرسم مدار الشمس يكون عرض الشمس معدوما على الدوام وأما طولها فانه يمر بجميع المقادير من ٠° وذلك حينما تكون فى نقطة الاعتدال الربيعى لغاية ٣٦٠° وحينئذ تكون السنة الفلكية قد انتهت وتبتدئ الشمس حركتها الثانى فى الطول

٨٥ — خط الرؤس — بمعرفة هذه الطريقة الجديدة التى بها يعين وضع الشمس فى النقط المختلفة من مدارها يمكن تتميم الكلام الذى يختص بمنحنى المدار المذكور (شكل ٣٦) فوضع المحور الاكبر أو خط الرؤس يتعين بداهة اذا علم طول الحضيض ولقد دلت الارصاد على ان مقدار هذا الطول ٢٨٠° بمعنى ان خط الاعتدالين م مَ يصنع مع المحور الاكبر للمدار




ش ٣٦

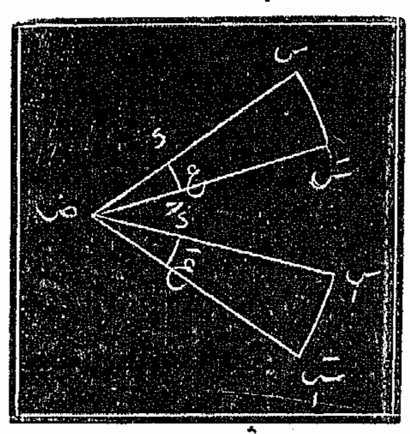
زاوية قدرها ٨٠° تقريبا وأما خط المنقلبين الذى اتجاهه عمود على خط الاعتدالين فانه بناء على ذلك يصنع مع المحور الاكبر المذكور زاوية تنحصر بين ٩° و ١٠°

وسنذكر قريبا كيفية حساب لحظة الاعتدال بالضبط وتوجد العناصر الاصلية لمدار الشمس حينئذ معينة بالضبط

٨٦ — قانون المساحات — قد تقدم أن الحركة الخاصة للشمس على مدارها الناقصى ليست منتظمة أعنى أن الاقواس التى يقطعها مركزها فى أزمنة متساوية ليست متساوية

والمعلم كپلير بحساب أطوال الاقواس التى مثل ق ا و ا ب و ب ح و ... (شكل ٣٤) المرسومة فى مسافات زمنية متساوية بمركز الشمس على مدارها الناقصى ومقارنتها ببعضها علم أن المساحات المحصورة بين انصاف الاقطار البورية المتتالية ق ص و ص ا و ص ب و ... متساوية

وذلك لان السرع الزاوية مناسبة طردا لمربعات الاقطار الظاهرية وعكسا لمربعات الابعاد المطابقة بمعنى انه اذا رمز بالحرفين ع و عَ لسرعتين زاويتين وبالحرفين د و دَ للبعدين المطابقين للشمس عن الارض يحدث $ع\,د^{٢} = عَ\,دَ^{٢}$ وحينئذ اذا فرض أن ص (شكل ٣٧) هى الارض و س سَ القوس الذى ترسمه الشمس فى يوم نجمى حينما تكون سرعتها الزاوية ع وبعدها عن الارض د وان س١ س١َ القوس المرسوم حينما تكون السرعة عَ والبعد دَ فيمكن اعتبار القوسين س سَ و س١ س١َ دائريين وان بعد الشمس عن الارض يكاد ان لا يتغير مدة يوم نجمى ونرمز بالحرفين ا و اَ لمساحتى القطاعين الدائريين س ص سَ و س١ ص س١َ فيحصل بناء على قانون معلوم



ش ٣٧

$$ا = \frac{ط \cdot ع \cdot د^{٢}}{٣٦٠} \quad و \quad اَ = \frac{ط \cdot عَ \cdot دَ^{٢}}{٣٦٠}$$

وحيث أن

$$ع\,د^{٢} = عَ\,دَ^{٢} \quad يحدث \quad ا = اَ$$

وهو المطلوب

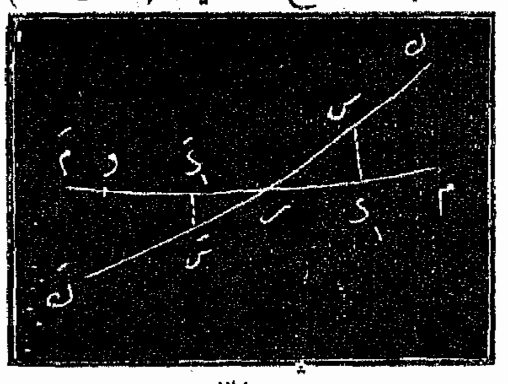
وباعتبار ان نصف القطر البورى أو المستقيم الواصل بين مركز الشمس ومركز الارض خط يتحرك ويرسم مستوى المدار الظاهرى يكون منطوق قانون المساحات هو
المساحات المرسومة بنصف القطر البورى للشمس مناسبة للازمنة
وسيأتى ان قانون المساحات مستعمل لحركة السيارات حول الشمس

## الفصـــــل الثـالث

### قياس الزمن ـ السنة الانقلابية

٨٧ ـ تعريف السنة الانقلابية ـ السنة الانقلابية هى كما سبق المسافة الزمنية التى تمضى بين مرورين للشمس متتاليين بنقطة اعتدال واحدة كالاعتدال الربيعى
وفى مدة السنة الانقلابية تمر الشمس ٣٦٥ مرة بمستوى الزوال وتستغرق زيادة على ذلك ربع يوم تقريبا
وحينئذ فلمعرفة مدة السنة الانقلابية بالضبط يلزم معرفة حساب لحظة الاعتدال بالدقة أعنى اللحظة التى فيها يمر مركز الشمس بمستوى دائرة المعدل وهى لحظة ينعدم فيها ميل الشمس

٨٨ ـ تعيين نقطة الاعتدال ـ مدة السنة الانقلابية ـ لاجل تثبيت وضع المستقيم ىغ يكفى تعيين المطالع المستقيمة للنقطتين ى و غ وليكن م مَ دائرة المعدل و ل لَ الدائرة الكسوفية ونقطة و مبدأ المطالع المستقيمة (شكل ٣٨)



ش ٣٨

ونفرض أن فى نصف نهار ٢٠ مارث يكون الميل جنوبيا ويكون شماليا فى نصف نهار يوم ٢١ منه وان سَ و س هما وضعا الشمس المطابقان لهذين الوقتين على الدائرة الكسوفية فتعين فى هذين الوضعين المطالع المستقيمة والميول للمركز وليكن مَ و لَ مقدارى الاحداثيين وءَ و سءَ للوضع سَ و م و ل مقداريهما وء و سء للوضع س فلصغر المثلثين سَىءَ و سىء الكرويين يمكن اعتبارهما مستقيمى الاضلاع ولكونهما متشابهين يحدث بعد الرمز للبعد وى بالحرف س

$$\frac{س - مَ}{م - س} = \frac{لَ}{ل} \quad \text{ومنه} \quad س = \frac{م لَ + مَ ل}{ل + لَ}$$

وبهذا القانون يتعين المطلع المستقيم لنقطة ن وبالطريقة عينها يتعين المطلع المستقيم للنقطة الاخرى غ ويبين الحساب ان الفرق بين مطلعيهما المستقيمين هو ١٨٠° وذلك مما يؤكد نتائج التخطيط الرسمى

٨٩ — تعيين لحظة الاعتدال — لاجل تعيين لحظة الاعتدال نفرض ان نَ و ن هما اللحظتان المضبوطتان لمرور الشمس بالوضعين سَ و س اللذين يكون الميلان فيهما على التناظر — لَ و + ل فحيث ان الزمن الذى يمضى بين الرصدين قصير يمكن اعتبار حركة الشمس منتظمة فى ظرف هذه المدة ثم يقال حيث ان ميل الشمس فى الزمن ن — نَ قد تغير بقدر ل + لَ فالزمن اللازم لان يكون التغير مساويا الى لَ أعنى لان يصير الميل معدوما يستخرج مقداره من هذه المتساوية

$$\frac{\text{ص}}{\text{ن} - \text{نَ}} = \frac{\text{لَ}}{\text{ل} + \text{لَ}} \quad \text{ومنه} \quad \text{ص} = \frac{(\text{ن} - \text{نَ})\,\text{لَ}}{\text{ل} + \text{لَ}}$$

فاذا ضم هذا الزمن الى نَ تحصلت اللحظة المضبوطة لمرور الشمس بنقطة الاعتدال الربيعى (١)

فاذا اجريت عملية مثل هذه فى السنة التالية تحصل كذلك على لحظة اعتدال جديدة ومن ذا تستخرج مدة السنة الانقلابية

وحيث ان الارصاد لا تخلو عن خطأ فلا يتأتى معه الضبط الكلى ولكن يمكن تقليل هذا الخطأ جدا باجراء ارصاد فى مدد طويلة كفى مسافة قرن وقسمة الناتج على ١٠٠ ولحظة مرور نقطة ن بمستوى الزوال قد اتخذها الفلكيون مبدأ لليوم النجمى أيضا ولما كانت هذه النقطة غير منظورة فى السماء فقد اجريت الكيفية الآتية لتثبيت مبدأ اليوم النجمى

---

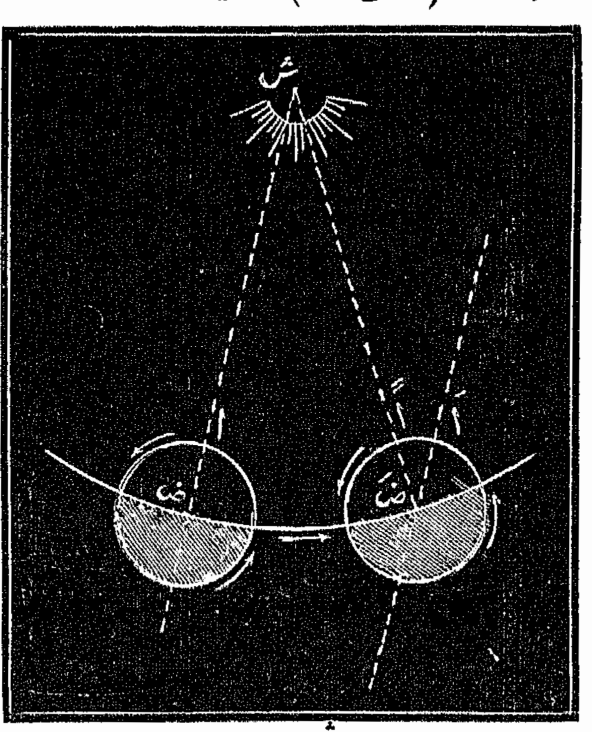
(١) مثلا اذا فرضنا ان فى ٢٠ مارس سنة ١٨٢٥ فى نصف النهار كان ميل مركز الشمس ٢٨″ ٩′ جنوبيا وفى ٢١ مارس فى نصف النهار أيضا كان ميلها ١٨″ ١٤′ شماليا فتكون الشمس قد مرت من نصف الكرة الجنوبى الى نصف الكرة الشمالى فيما بين هذين الرصدين ويمكن أن يفرض انه فى هذه المسافة الزمنية تغير ميل الشمس بكميات متساوية فى أزمنة متساوية وفى ٢٤ ساعة شمسية قد تغير هذا الميل بقدر ٤٦″ ٢٣′ (٢٨″ ٩′ + ١٨″ ١٤′) ولاجل أن تتغير فقط بقدر ٢٨″ ٩′ تلزم مدة رمزها ص تستخرج من التناسب $\frac{\text{٢٨″ ٩′}}{\text{٤٦″ ٢٣′}} = \frac{\text{ص}}{\text{٢٤}}$ ومنه ص = ٢٤ث ٣٣د ٩س أعنى بعد الرصد الاول بقدر ٢٤ث ٣٣د ٩س يصير ميل الشمس الذى كان ٢٨″ ٩′ جنوبيا معدوما أعنى فى ٢٠ مارس الساعة ٢٢ث ٢٢د ٩س مساء تمر الشمس بالاعتدال الربيعى

وهى ان النجمة ا من صورة المراة المسلسلة تمر بمستوى الزوال بعد نقطة ر بقدر ٤٠,٧٥ ث د س وحينئذ يكفى جعل البندول النجمى مبينا ٤٠,٧٥ ث د س فى لحظة مرور النجمة ا من المرآة المسلسلة بمستوى الزوال لكى يتحقق من انه كان مبينا ث د س فى لحظة مرور نقطة ر به وحينما تمر نقطة الاعتدال الخريفى بمستوى الزوال يبين البندول النجمى ١٢ ث

وحينئذ فقدار السنة الانقلابية بأيام نجمية هو ٣٦٦,٢٤٢٢١٧ يوما أعنى ٣٦٦ يوم و ٥ س و ٤٨ د و ٤٧,٥٥٥ ث وتتم الارض فى مدة سنة انقلابية دورات عددها ٣٦٦ دوره وربع تقريبا على اننا قد رأينا ان الشمس لا تمر بمستوى الزوال فى نفس هذه المدة سوى ٣٦٥ مرة وحينئذ تزيد مدة اليوم الشمسى عن اليوم النجمى

٩٠ — مدة اليوم النجمى لا تساوى مدة اليوم الشمسى — يتضح ذلك من طبيعة الحركة الانتقالية للارض حول الشمس أو من الحركة الخاصة للشمس

ولنعتبر الارض فى الوضعين المتتاليين ص و صَ (شكل ٣٩) اللذين تشغلهما واحدا بعد الآخر على مدارها فى مسافة يوم نجمى بالضبط أو فى مسافة دورة كاملة لها ونفرض ان فى ص تمر الشمس بمستوى زوال معلوم ص ا وان مركزها ينطبق فى أثناء هذا المرور على نجمة ما فى ظرف يوم نجمى ينتقل مستوى الزوال ص ا بعد دورة كاملة ويصير موازيا الى اتجاهه الاصلى أعنى يأخذ الاتجاه صَ اَ وتمر النجمة بعينها مرة ثانية به لكن لا يحصل ذلك بالنسبة للشمس أعنى انها لا تمر به فى لحظة مرور النجمة وذلك لان الارض




ش ٣٩

قد قطعت القوس ص صَ من مدارها فى هذه المدة والخط الذى كان واصلا من مركزها الى مركز الشمس لا ينطبق على مستوى الزوال بل يصنع معه زاوية اَ صَ اً تساوى الزاوية التى تقدر القوس ص صَ فلاجل أن تمر الشمس مرة ثانية بمستوى الزوال يلزم حينئذ أن الارض بعد دورتها الكاملة تدور أيضا بمقدار الزاوية اَ صَ اً

ومتى ارتسم هذا القوس الجديد تمرّ الشمس مرة ثانية بمستوى الزوال ويكون قد انقضى يوم شمسى

وهذا هو سبب عدم التساوى بين مدّة اليوم الشمسى واليوم النجمى الذى أسلفناه

٩١ — عدد الايام النجمية والشمسية للسنة الانقلابية — لكل دورة من الدورات المتتالية للارض يتأخر مرور الشمس بمستوى الزوال وتتجمع هذه التأخرات من يوم الى اخر ويقاس هذا التأخر دائما بزاوية تسعتها كسعة الزاوية التى ترسمها الارض على مدارها ومن ثم متى أتمت الارض دورتها الانتقالية أعنى رسمت حول الشمس قوسا مقداره ٣٦٠° فان تأخر مرور الشمس بمستوى الزوال يقاس بقوس قدره ٣٦٠° أعنى بدورة كاملة وبعبارة اخرى تكون الشمس قد مرت بمستوى الزوال مرات عددها أقل من عدد مرات مرور النجمة التى كانت الشمس منطبقة عليها فى نقطة الاصل بمستوى الزوال المذكور

وحينئذ يحدث يوم نجمى فى السنة زيادة عما يوجد فيها من الايام الشمسية

٩٢ — عدم تساوى الايام الشمسية — أسبابه — يستعمل الفلكيون فى ارصادهم اليوم النجمى وحدة للزمن وذلك لانتظام الحركة الدورانية للارض وتساوى الايام النجمية ويستعملون اليوم الشمسى فى غيرها لان استعمال اليوم النجمى الذى لا يطابق الظواهر المحسوسة لا يوافق عوائد العيشة المدنية

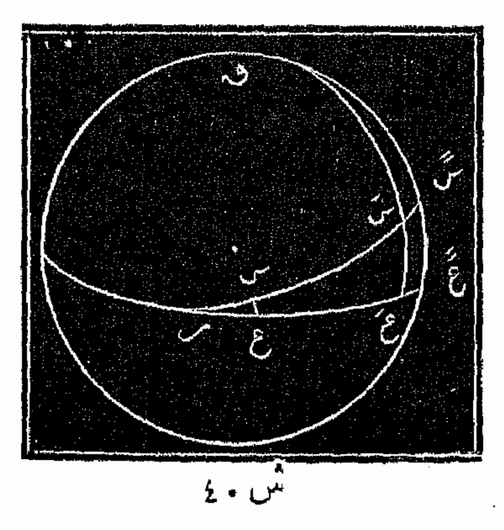
لكن الايام الشمسية التى هى عبارة عن المسافات بين المرورات المتتابعة للشمس بمستوى الزوال بها عيب وهو عدم تساوى مددها وينشأ ذلك عن سببين

وذلك لانا قد علمنا فيما تقدم أن الشمس فى مدارها الظاهرى او الارض فى مدارها الحقيقى تتحرك بسرعة متغيرة وتقطع فى أزمنة متساوية أقواسا تكبر كلما صغر بعد الكوكبين أى كلما قربت الشمس من الحضيض وان زيادة اليوم الشمسى عن اليوم النجمى تتعلق بسعة هذه الاقواس وعلى ذلك تكون هذه الزيادة متغيرة وهذا هو السبب الاوّل لعدم تساوى الايام الشمسية

٩٣ — عدم انتظام حركة الشمس فى المطلع المستقيم — والسبب الثانى هو ميل الدائرة الكسوفية على دائرة المعدل

لانه اذا فرضنا أن الشمس تقطع القوسين المتساويين م س و سَ سً فى زمن واحد على الدائرة الكسوفية فى وقتين مختلفين من السنة كفى وقت الاعتدال الربيعى والمنقلب الصيفى

مثلا فان القوسين رع و عَعً اللذين تقدر بهما حركتها فى المطلع المستقيم لا يكونان متساويين لان المثلث ع س ر القائم الزاوية فى ع يمكن اعتباره مستقيم الاضلاع لصغر أضلاعه وفيه ع ر أصغر من الوتر ر س بخلاف عَ عً الذى يكاد أن يكون موازيا سَ سً فانه بالعكس أكبر منه أعنى أن عَ عً > سَ سً لان هذين القوسين اللذين يعينان تباعدا ترتى الميل ق عَ و ق عً أحدهما على دائرة المعدل والآخر يمكن اعتباره على موازٍ أى على دائرة نصف قطرها أصغر من نصف قطر دائرة المعدل (شكل ٤٠)



ش ٤٠

٩٤ — الشمس التصوّرية — الشمس الوسطية — حيث أن اليوم الشمسى متغير فلا يمكن أخذه وحدة للزمن ومع ذلك لما كانت أشغال واستراحة سكان الارض تابعة لسير الشمس اليومى لزم انتخاب وحدة للزمن تكون غير متغيرة ولها ارتباط بمدة اليوم الشمسى الحقيقى فتوصلوا الى ذلك بالاعتبارات الآتية وهى انهم تصوروا شمسا تتحرك كالشمس الحقيقية على الدائرة الكسوفية حركة منتظمة بسرعة (هى السرعة المتوسطة للشمس الحقيقية) بحيث ان موضعى هاتين الشمسين ينطبقان فى وقت الحضيض وبالتبعية فى وقت الاوج أعنى فى اللحظة التى فيها سرعة الشمس الحقيقية تأخذ نهايتيها العظمى والصغرى وبهذه الكيفية توجد الشمس الحقيقية تارة سابقة للشمس التصورية وتارة متأخرة عنها سابقة لها من الحضيض الى الاوج ومتأخرة عنها من الاوج الى الحضيض

وبذلك ينعدم السبب الاول لعدم تساوى الايام الشمسية الناشئ عن تغير سرعة الشمس ولاجل منع السبب الثانى تصوروا شمسا تصورية أخرى تتحرك على دائرة المعدل بحركة منتظمة وبسرعة الشمس التصورية الاولى التى تتحرك بها على الدائرة الكسوفية وجعلوا الشمسين تبتدئان فى لحظة واحدة من اعتدال واحد وبهذا الفرض الثانى ينعدم السبب الثانى لعدم تساوى الايام الشمسية الناشئ عن ميل الدائرة الكسوفية

ويعطى للشمس التصورية الثانية اسم شمس وسطية ومروراتها المتعاقبة بزوال محل هى التى تستعمل لتثبيت مبدأ الايام الوسطية المتعاقبة

**٩٥ — اليوم الشمسى الوسطى** — من البديهى أن هذه الشمس الوسطية تمر بمستوى الزوال فى مسافات زمنية متساوية ويعطى لكل مسافة من هذه المسافات اسم يوم وسطى ويسمى زمنا وسطيا الزمن الناتج من تعاقب الايام الوسطية ولحظة مرور الشمس الحقيقية بمستوى الزوال تسمى الظهر الحقيقى أو المرئى ولحظة مرور الشمس الوسطية به تسمى الظهر الوسطى ويمكن تعيين لحظة مرور الشمس الوسطية بمستوى الزوال كما لو كانت موجودة حقيقة وينقسم اليوم الشمسى الوسطى كاليوم النجمى الى ٢٤ ساعة وسطية والساعة الى ٦٠ دقيقة والدقيقة الى ٦٠ ثانية

**٩٦ — تعديل الزمن** — يوجد بين الشمس التصورية الاولى والشمس الحقيقية تباعد متغير وبسبب ميل الدائرة الكسوفية يوجد كذلك تباعد بين الشمس التصورية الاولى والشمس الوسطية وبناء على ذلك تختلف الشمس الحقيقية والشمس الوسطية فى المطلع المستقيم ويسمى هذا الفرق تعديل الزمن ولا يصل الى ١٧َ أبدا ولا بد للمرور من الزمن الشمسى الحقيقى الى الزمن الوسطى من بيان مقدار تعديل الزمن فى كل وقت

وحيث ان السنة الانقلابية تحتوى على ٣٦٦,٢٤٢١٧ يوما نجميا وان نصف القطر البورى يرسم كذلك ٣٦٠° فى هذه المدة فحركتها المتوسطة فى مدة يوم واحد نجمى تكون

$$\frac{٣٦٠^{\circ}}{٣٦٦,٢٤٢١٧} = ٥٨{,}٦٤٢'' \quad ٥٨'$$

ويكون هذا المقدار هو سرعة الشمس الوسطية فاذا رمزنا لهذه السرعة بالحرف ع وبالحرف ن للزمن النجمى الذى يمضى من الاعتدال الربيعى الى اللحظة المعتبرة فالمطلع المستقيم للشمس الوسطية يكون ع × ن ويختلف المطلع المستقيم للشمس الحقيقية عن ع ن بالزيادة أو بالنقص ولحساب تعديل الزمن يلزم معرفة كيفية ايجاد طول الشمس التصورية الاولى وذلك يكون بمعرفة الحركة الظاهرية للشمس الحقيقية فى الدائرة الكسوفية وهى مسألة تتعلق بالفلك العملى ويكتفى فقط بالجداول البحرية المسماة (نوتيكال المنالك) التى يوجد فيها مقدار تعديل الزمن لكل يوم من السنة وينعدم تعديل الزمن أربع مرات فى السنة وأوقات انعدامه لسنة ١٨٧٩ هى ١٥ ابريل و ١٤ يونيه و ٣١ أغسطس و ٢٤ دسمبر

**٩٧ — نسبة اليوم الوسطى الى اليوم النجمى** — قد ذكرنا سابقا أن اليوم الشمسى أكبر من اليوم النجمى وبمناسبة هذه الزيادة يسهل علينا الآن حساب نسبة اليوم الشمسى الوسطى الى اليوم النجمى

ففي مسافة يوم نجمي تقطع الشمس الوسطية على دائرة المعدل في الجهة الطردية قوسا قدره ٥٨َ ٥٨,٦٤٢ً وبناء على ذلك لا ترسم حقيقة في هذه المسافة بسبب الحركة اليومية قوسا قدره ٣٦٠° بل قوسا مقداره ٣٦٠° — (٥٨َ ٥٨,٦٤٢ً) وحينئذ فمقدار اليوم الشمسي الوسطى أعني الزمن اللازم لقطع ٣٦٠° يكون مبينا بالمقدار

$$\frac{س}{١} = \frac{٣٦٠^\circ}{٣٦٠^\circ - (٥٨' \; ٥٨,٦٤٢'')}$$

ومنه

$$س = ١,٠٠٢٧٣٩ \text{ يوم نجمي} = \overset{\text{يوم نجمي}}{١} \; \overset{س}{٠} \; \overset{د}{٣} \; \overset{ث}{٥٦,٥٥٥}$$

بمعنى أن اليوم الشمسي الوسطى يزيد عن اليوم النجمي بقدر أربع دقائق نجمية تقريبا

ويمكن بالعكس بيان اليوم النجمي بواسطة اليوم الشمسي الوسطى ويوجد لمقدار اليوم النجمي

$$\frac{\text{يوم شمسي وسطى}}{١,٠٠٢٧٣٩} = ٠,٩٩٧٢٦٨ \text{ يوم شمسي وسطى} = \overset{س}{٢٣} \; \overset{د}{٥٦} \; \overset{ث}{٣,٩٥٥}$$

٩٨ — المدد المنسوبة لليوم النجمي واليوم الوسطى — قد تقدم ان السنة الانقلابية مقدرة بأيام نجمية هي ٣٦٦,٢٤٢٢١٧ ولنبحث الآن عن مقدارها بأيام شمسية وسطية ولذا نقول قد تقدم ان النسبة بين اليوم الشمسي الوسطى وبين اليوم النجمي هي

$$\frac{٣٦٠}{٣٦٠ - \frac{٣٦٠}{٣٦٦,٢٤٢٢١٧}}$$

وبقسمة حدي الكسر على ٣٦٠ واجراء الحساب يحدث

$$\frac{٣٦٦,٢٤٢٢١٧}{٣٦٥,٢٤٢٢١٧}$$

وينتج من ذلك أن ٣٦٥,٢٤٢٢١٧ يوما شمسيا وسطيا يساوي ٣٦٦,٢٤٢٢١٧ يوما نجميا أعني ان طول السنة الانقلابية مقدرة بأيام شمسية وسطية هو ٣٦٥,٢٤٢٢١٧ وحينئذ فمدة السنة الانقلابية تنقص يوما شمسيا وسطيا عما تحتويه من الايام النجمية

وحينئذ فيوجد ثلاثة أنواع من الايام أحدها اليوم النجمي ومدته واحدة ويقدر بمدة دورة كاملة للارض وثانيها اليوم الشمسي الحقيقي ومدته متغيرة وهي مبينة بمرورات الشمس المتتالية بمستوى الزوال وثالثها اليوم الشمسي الوسطى وهو متوسط الايام الشمسية الحقيقية للسنة بأكملها

٩٩ - الزمن الوسطى - اليوم العرفى - مما تقدم يمكن استعمال اليوم الشمسى لقياس الزمن وتصليح الساعات العمومية والخصوصية وابتداء اليوم فى العادة المدنية من نصف الليل الوسطى وأما عند الفلكيين فان مبدأه نصف النهار الوسطى فهم يعدون الساعات من ث د س لغاية ٢٤ ساعة

وفى الازمان السابقة كانت الساعات تحرر على نصف النهار الحقيقى وكان ذلك مستلزما لتصليحات دائمة لان الساعات المنتظمة السير جدا كانت توجد تارة مقدمة وتارة مؤخرة بسبب عدم تساوى حركة الشمس وكان يعلم ذلك بواسطة الآلات التى يستدل بها على مرور الشمس بمستوى الزوال

ومن سنة ١٨١٦ قد جعلت الساعات بحسب الزمن الوسطى ولاجل تحريرها على الزمن الوسطى يستعان كما تقدم بمرورات الشمس الحقيقية بمستوى الزوال ويضم الى نصف النهار أوالى ١٢ ساعة أو يطرح منه تعديل الزمن على حسب الجداول التى تنشر سنويا التى تحتوى على عمود يدل على الزمن الوسطى فى نصف النهار الحقيقى أعنى الوقت الذى يجب أن تبينه الساعة فى لحظة مرور الشمس بمستوى الزوال بالضبط

وينتج من ذلك ان الساعة المحررة جيدا على الزمن الوسطى التى سيرها منتظم يجب أن لا تسير مع الشمس الا فى الاوقات الاربعة التى سبق ذكرها

---

# الفصل الرابع

## الحركة الحقيقية الانتقالية للارض حول الشمس

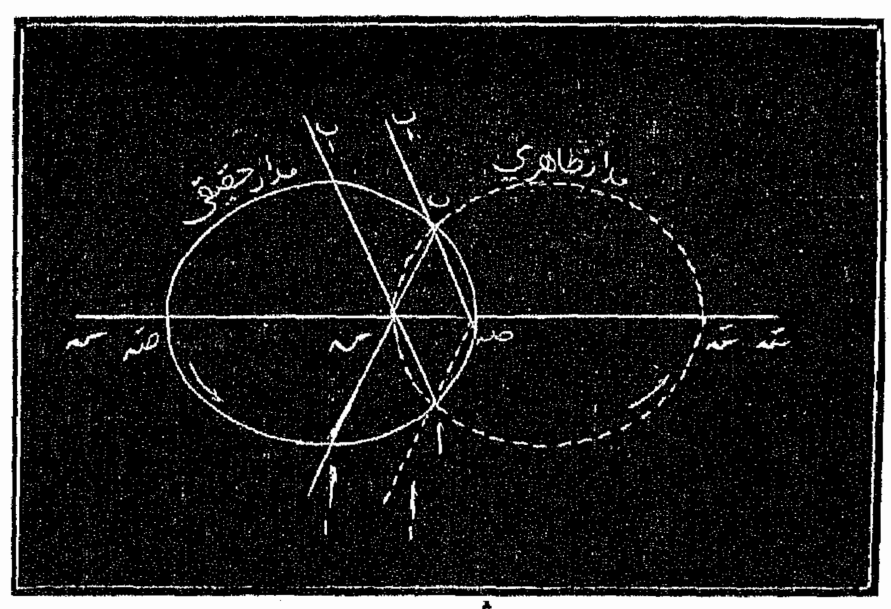
١٠٠ - قد علمت ان الحركة اليومية للكرة النجمية هى حركة دوران الارض وقد برهنا على ذلك بجملة براهين

والحركة الخاصة السنوية للشمس هى أيضا ظاهرية والحقيقة ان الارض هى التى تنتقل حول الشمس

وكان الاقدمون لا يقولون بحركة الارض الانتقالية وهذه الحركة مع الحركة الاولى هما القاعدة لايضاح جميع حركات السيارات وأساس لعلم الفلك الجديد والمؤرخون يقولون انّ (كوبرنك) و (جاليلى) هما اللذان حققا هذا الاصلاح العلمى

**١٠١ - ايضاح الظواهر بفرض حركة الارض** - قبل أن نذكر البراهين التى تؤكد انتقال الارض نبين لك ان الحركة الخاصة للشمس التى بسببها يظهر انها تنتقل فى ظرف سنة وتقطع بالتوالى جميع الصور المنطقية وان المدار الناقصى الذى ظهر لنا انها تتحرك عليه بسرعة متغيرة وعلى ابعاد عن الارض متغيرة كلها ظواهر تكون هى بعينها اذا قلنا ان المتحرك هو الكرة الارضية

وذلك ان نبتدئ من اللحظة التى تكون الشمس فيها فى الحضيض فى س على مدارها الظاهرى (شكل ٤١) التى تشغل الارض ص أحد بورتيه ثم نجعل الشمس بورة لقطع ناقص مساو للاول وموضوع بعكسه فتكون الارض حينئذ فى الحضيض بالنسبة له



ش ٤١

فالشمس بسبب حركتها الخاصة ترسم قوسا س ا ومتى وصلت الى ا نراها من الارض المفروضة ثابتة فى الاتجاه ص ا بحيث ان مركزها متى صارت فى ا ينطبق على نجوم جديدة وتلك هى الظواهر التى نشاهدها

لكن اذا فرضنا ان الارض هى المتحركة والشمس ثابتة وانها ترسم فى جهة عكسية القوس ص ب المساوى للقوس س ا على القطع الناقص الذى تشغل الشمس بورته فاننا نرى من الارض ب مركز الشمس فى الاتجاه ب س الموازى ص ا بالضبط وحيث ان الخطين المتوازيين يتلاقيان على سطح الكرة السماوية التى نصف قطرها غير محدود ففى هذا الفرض أيضا نرى مركز الشمس منطبقا على نفس النجوم التى شوهد منطبقا عليها فى الفرض الاول

وحيث ان ماقلناه على وضع خصوصى للشمس وللارض يجرى بداهة على أى وضع للكوكبين ينتج من ذلك ان جميع الظواهر المنسوبة للحركة السنوية للشمس تبقى بعينها بفرض ان الارض هى التى تتحرك بهذه الحركة

١٠٢ — جهة الحركة الانتقالية للارض - يشاهد من الشكل أيضا ان المدار الظاهرى والمدار الحقيقى مرسومان فى جهة واحدة لانه وان ظهر ان القوسين س ا و ص ب مرسومان فى جهتين متضادتين فذلك لانهما متعاكسا التقعير والحقيقة هى انه اذا حصلت احدى الحركتين كما يرى فى الشكل من اليمين الى اليسار فكذلك تحصل الحركة على القطع الناقص الثانى من اليمين الى اليسار وجهة هذه الحركة هى عين جهة الحركة الدورانية للارض الحاصلة من الغرب الى الشرق كما هو معلوم

ويمكن تطبيق جميع ماقلناه فى حركة الشمس على الحركة الانتقالية للارض حول الشمس ويحصل هذا الانتقال فى مسافة سنة أو ٣٦٥ يوما وربع يوم تقريبا بسرعة تبلغ نهايتها العظمى فى الوقت الذى يكون فيه بعد الكوكبين أصغر مايكون أعنى وقت الحضيض فى أول يناير ويأخذ هذا البعد فى الازدياد بغير انقطاع لغاية الاوج فى أول يوليه ثم يتناقص فى النصف الآخر من المدار

واذا نظر الى الشمس من الارض يظهر انها تمر فى مستوى دائرة المعدل فى وضعين من الاوضاع الاربعة الاصلية وهما نقطتا الاعتدال وانها ترتفع أو تنخفض أعظم ارتفاع أو أعظم انخفاض فوق أو تحت هذا المستوى فى النقطتين الاخريين وهما المنقلبان

١٠٣ — توازى محور الدوران - مستوى دائرة المعدل - اذا فرض عدم تحرك الارض يبقى مستوى دائرة المعدل ثابتا وثبات ميله على الدائرة الكسوفية هو بسبب عدم تغير هذا المستوى الاخير

وبفرض ان الارض هى المتحركة فانها تجذب معها فى الفراغ مستوى خط استوائها أو مستوى دائرة المعدل بحيث ان هذا المستوى يبقى دائما موازيا لنفسه وحينئذ فزاوية دائرة المعدل مع الدائرة الكسوفية تبقى كذلك ثابتة

وحيث ان محور الدوران عمود على دائرة المعدل فيبقى هذا المحور موازيا لاتجاه واحد كذلك على الدوام بحيث ان النقط التى يقابل فيها سطح الكرة السماوية غير المحدودة يظهر لنا انها غير متحركة

١٠٤ — براهين حركة انتقال الارض حول الشمس — أولا حيث أن الارض صغيرة جدا بالنسبة للشمس والنسبة بينهما $\frac{1}{1280000}$ فالاحق والاولى نسبة الحركة الانتقالية للاجسام الصغرى . ثانيا جميع السيارات التى تتحرك فى ان واحد بحركة دورانية حول محور منقادة لحركة أخرى انتقالية حول الشمس وحيث ذكرنا فيما سبق ان الارض لها مشابهة كلية بالسيارات فلتكن حينئذ حركتها الانتقالية محتملة احتمالا قريبا للغاية . ثالثا فى مدة ستة أشهر يمكن التأكد من ان اتجاه الشعاع البصرى الواصل الى نجمة بعينها قد غير اتجاهه وهذه الظاهرة لا تمكن الا اذا كانت الارض تنتقل حول الشمس

وبناء على ذلك تكون الارض متحركة حركتين آنيتين غير متعلقتين ببعضهما واحدى الحركتين هى حركة الدوران التى تنشأ عنها ظاهرة الحركة اليومية للكرة النجمية ويحدث عنها اليوم النجمى . والحركة الاخرى هى الانتقالية أى دورانها حول الشمس وتنشأ عنها ظاهرة الحركة الخاصة السنوية للشمس والسنة والفصول وبانضمامها الى حركة الدوران اليومية تنتج الايام الشمسية وعدم تساوى الليل والنهار الذى يشاهد فى العروض المختلفة من الكرة الارضية

---

# الفصل الخامس

## تقدم الاعتدالين — السنة الانقلابية — السنة النجمية — انتقال القطبين السماويين — التمايل

١٠٥ — توازى محور الدوران أو مستوى دائرة المعدل الارضية ليس حقيقيا بالضبط قد قررنا فى (بند ١٠٣) أولا — أن محور دوران الكرة الارضية يحفظ وضعا ثابتا فى الفراغ أو انه يبقى موازيا لاتجاه ثابت وذلك بالنسبة للابعاد الغير المحدودة للكرة النجمية ولذلك يبقى مستوى دائرة المعدل موازيا لنفسه أثناء جميع دورة الارض حول الشمس

ثانيا — ان مدار الارض ومستوى الدائرة الكسوفية غير متغيرين وميل الدائرة الكسوفية على مستوى دائرة المعدل ثابت

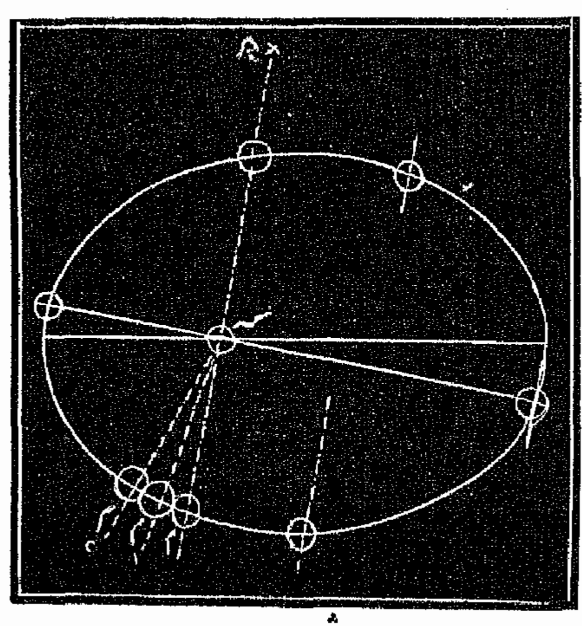
وعلى هذين الفرضين يجب بداهة ان تحفظ نقط الاعتدالين والمنقلبين وضعا غير متغير على المدار مطابقا دائما النجوم واحدة من الكرة السماوية

لكن الحقيقة ليست كذلك فان الفلكيين قد علموا ان هذه العناصر المختلفة تتغير وان تغيرها

البطىء يحدث على طول الزمن تغيرات عظيمة فى الاوضاع النسبية للشمس والارض والصور السماوية

**١٠٦ — اكتشاف تقدم الاعتدالين —** أحد الظواهر المهمة التى هى من هذا القبيل هى الظاهرة التى عرفت من منذ ٢٠٠٠ سنة وسميت تقدم الاعتدالين وينسب استكشافها الى الفلكى الشهير (هيبارك) الاسكندرى (من اسكندرية)

فما سبق يعلم ان لحظة الاعتدال الربيعى مثلا تحصل وقت ما يوجد مركز الشمس فى مستوى دائرة المعدل أعنى وقت ما يمر خط تقاطع خط الاستواء الارضى مع الدائرة الكسوفية بالشمس بسبب الحركة السنوية للارض فلو بقى خط التقاطع المذكور موازيا لنفسه على توالى السنين فمن البديهى انه فى ظرف سنة يكون الاعتدال م قد حصل فى النقطة من المدار بذاتها كما يتضح من (شكل ٤٢) بحيث انه اذا كان مركز الشمس منطبقا فى الاعتدال الاول على نجمة تما مثل ن من الدائرة الكسوفية فان فى الاعتدال التالى تكون النجمة ن بذاتها هى الدالة على مركز الشمس فى الكرة السماوية



ش ٤٢

ولكن (هيبارك) هو أول من علم ان الامر ليس كذلك فانه أثبت ان رجوع الاعتدال قد حصل قبل رجوع النجمة بحيث ان مركز الشمس فى لحظة الاعتدال كان لايزال باقيا عليه قوس يرسمه فى حركته الخاصة الظاهرية حتى يصير بعد رسمه منطبقا على النجمة بالثانى أو أن الارض قد وصلت نقطة م وكان عليها ان ترسم القوس م م حتى يوجد مركز الشمس بالثانى منطبقا على النقطة ن بذاتها من الكرة السماوية وفى السنة التالية يحصل تقدم مثل هذا للاعتدال وهكذا على توالى السنين حتى ان نقط الاعتدال م و م و ... يظهر انها ترجع الى وراء أو تتأخر فى جهة عكسية لحركة الارض أو انها تتقهقر

وبناء على ذلك تسبق الاعتدالات المتتالية شيأ فشيأ لحظات رجوعات الشمس الى النجمة بذاتها أو بعبارة أخرى تتقهقر نقط الاعتدال ومن ذلك نتجت هذه التسمية وهى تقهقر نقطتى الاعتدال أو تقدم الاعتدالين والاولى هى المستعملة اليوم

١٠٧ — السنة الانقلابية والسنة النجمية — السنة الانقلابية هي المسافة التي تمضي بين رجوعين متتاليين للارض الى اعتدال واحد والسنة النجمية هي المسافة المحصورة بين رجوعين متتاليين للارض الى النقطة التي منها شوهدت الشمس منطبقة على نجمة واحدة والسنة النجمية تزيد عن السنة الانقلابية حينئذ بقدر الزمن اللازم للارض في قطع أحد الاقواس التي مثل م م١

١٠٨ — المقدار المتوسط للتقدم — الاقواس م م١ و م١ م٢ صغيرة جدا ومقدارها يتغير بين ٥٠,١ و ٥٠,٢ (وهيپارك) لم يمكنه أن يقيس هذه الاقواس خصوصا في ذلك الوقت الذي لم تكن فيه صناعة الآلات الفلكية متقدمة وانما تجمع هذه الاقواس المتتالية صار محسوسا على طول الزمن لانه من سنة الى سنة بالنسبة للوضع الواحد للشمس وفي الاوقات الواحدة من السنة صارت الصور المقطوعة بالشمس أو المقابلة لها ليست هي بذاتها لان التقدم الذي مقداره ٥٠,٢٥ في السنة يصير ١° تقريبا في مسافة ٧٢ سنة أو ٣٠° في ٢١٦٠ سنة ولهذا السبب فان الصور التي كانت تدل على الاوضاع المتتالية للشمس على منطقة فلك البروج في الاشهر المختلفة من السنة في أيام (هيپارك) (١٥٠ قبل الميلاد) لم تكن اليوم هي بذاتها في الاوقات بعينها ولا يوجد حينئذ تطابق بين البروج وبين الصور المنطقية ومع ذلك فقد حفظت للبروج أسماؤها القديمة أي أسماء الصور التي كانت تمر الشمس منها من منذ ٢٠٠٠ سنة

١٠٩ — محور ومستوى الدائرة الكسوفية غير متغيرين — حيث علمت ظاهرة تقهقر نقطتي الاعتدال ومقدار ذلك التقهقر فنبين لك أسبابه فنقول

لاجل معرفة الحركة التي ينشأ عنها هذا التغير المتزايد قد صار البحث في التأثيرات التي يحدثها هذا التغير في منظر السماء فعلم أن محور دوران الارض ومستوى خط استوائها وضعهما ثابت عليها والاطوال والعروض الجغرافية غير متغيرة وأن النجوم حافظة أوضاعا بنسبة واحدة (ماعدا الحركات الخاصة البطيئة جدا الحاصلة لبعض منها) لكن ليس الامر كذلك بالنسبة لاحداثياتها السماوية أعني أوضاعها منسوبة لمستوى دائرة المعدل أو لمستوى الدائرة الكسوفية فان هذه الاحداثيات متغيرة وقد علم بالبحث في هذا التغير ما يأتي

أولا — ان المطالع المستقيمة والميول تعتريها تغيرات مستمرة

ثانيا — ان العروض غير متغيرة وأما الاطوال فانها تزداد دائما بكمية تساوي مقدار تقهقر نقطتي الاعتدال بالضبط

أما عدم تغير العروض السماوية فيستدل منه على ان مستوى الدائرة الكسوفية يبقى غير متغير وأما تغيرات الاطوال السماوية فهى ناشئة عن حركة نقطة الاعتدال التى هى مبدأ الاحداثيات

١١٠ — المخروط التحركى المرسوم بمحور الارض — يعلم حينئذ أنه لايمكن الافرض واحد هو حركة مستوى دائرة المعدل فهذا المستوى عوضا عن أن يبقى موازيا لنفسه يدور بكيفية مستمرة بحيث أن تقاطعه بالدائرة الكسوفية يرسم فى مسافة سنة زاوية قدرها ٢ر٥٠ً و (شكل ٤٢) يوضح ذلك جليا

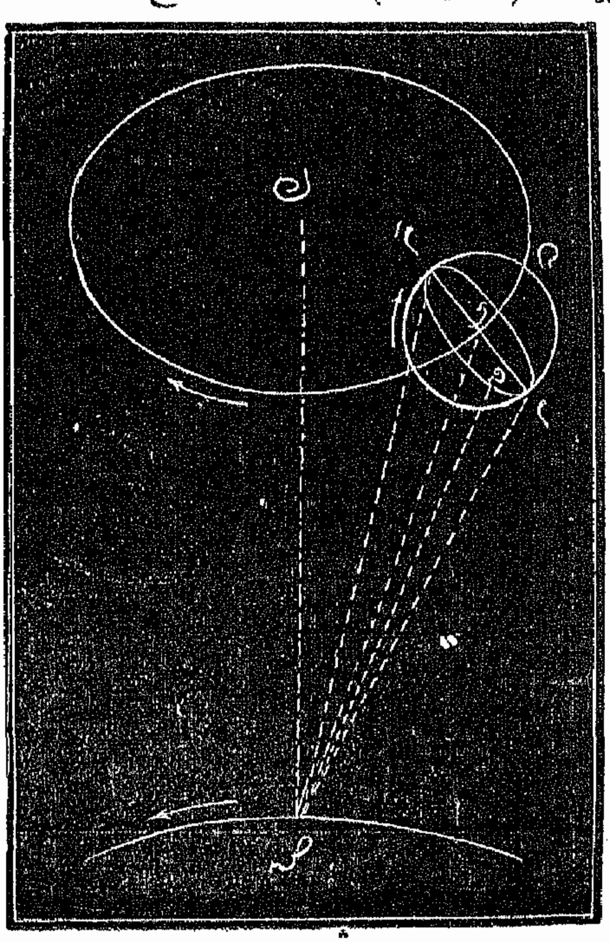
ولكن حركة دائرة المعدل تستلزم دوران محور العالم معها الذى هو عمود عليها وانتقال القطبين السماويين من سنة الى سنة بالمقدار الزاوى بعينه (٢ر٥٠ً) وحيث أن ميل دائرة المعدل على مستوى الدائرة الكسوفية يبقى ثابتا تقريبا فينتج من ذلك ان محور الارض يرسم حول محور الدائرة الكسوفية مخروطا تحركيا وبسبب المقدار ٢ر٥٠ً فى السنة الذى يصل درجة تقريبا فى ٧٢ سنة يتم دورة كاملة فى ٢٦٠٠٠ سنة تقريبا (٢٥٨١٦)

١١١ — انتقال القطبين السماويين — وبناء على ذلك فالقطبان السماويان اللذان كنا اعتبرناهما ثابتين قبل ينتقلان شيأ فشيأ ولذلك لايطابقان نجوما واحدة فاليوم يقرب القطب الشمالى قربا غير محسوس من النجمة القطبية المتباعدة عنه بقدر ٣٠َ ١ْ وبعد ٢٥٠ سنة لا يكون هذا البعد الا ٣٠َ وبعد ذلك الوقت يتباعد القطب الشمالى عن النجمة القطبية وفى ظرف زمن قدره ١٢٠٠٠ سنة تقريبا تصير النجمة المسماة الواقع من النسر الواقع هى أقرب النجوم الى القطب وتتمتع بدور النجمة القطبية وقتئذ وفى زمن بناية الهرم الاكبر فى مصر كانت النجمة ا من التنين هى النجمة القطبية والانتقال المذكور للقطب يؤثر كذلك على منظر السماء فى محل معين ويظهر حصول تغير بطىء فى الآفاق الارضية بحيث ان بعض النجوم أبدية الظهور تصير أبدية الاختفاء وبالعكس وذلك مثل صورة ذات الكرسى التى هى اليوم من الصور الابدية الظهور كانت من الصور الابدية الاختفاء من منذ ٤٠٠٠ سنة وأما السبب الطبيعى لتقدم الاعتدالين فهو تأثير جذب كتلة الشمس على الانتفاخ الاستوائى للكرة الارضية

١١٢ — التمايل — حركة الحضيض — كذلك كتلة القمر تؤثر على الجزء الاستوائى من الكرة الارضية وتحدث حركة فى محوره دورانها مدتها ٢/٣ ١٨ سنة وتسمى هذه الحركة بالتمايل فتقهقر نقطتى الاعتدال لايغير ميل دائرة المعدل على الدائرة الكسوفية وأما التمايل فانه يزيد وينقص هذا الميل بالدور وبمقارنة الارصاد القديمة بالجديدة يثبت ان هذا الميل

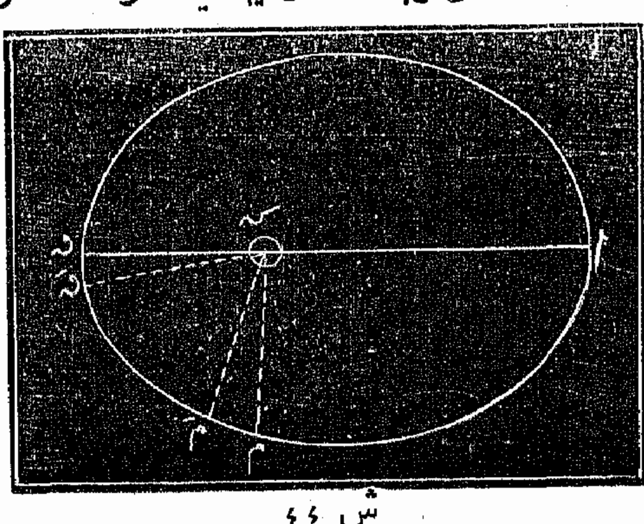
يتغير تغيرا بطيئا من قرن الى اخر وقد وجد بناء على الارصاد الجديدة ان نقص الميل المذكور يبلغ ٤٨″ فى القرن أو ٠ر٤٨″ فى السنة

وحركة المحور التى تحدث ظاهرة التمايل مبينة فى (شكل ٤٣) وفيه صـ وضع الارض على مدارها والسهم يبين جهة حركتها حول الشمس وصـ ك محور الدائرة الكسوفية و ك قطبها فمحور دوران الارض صـ ن لا يبقى موازيا لنفسه وينتقل ببطء ويرسم حول صـ ك العمودى على مستوى الدائرة الكسوفية مخروطا تحركيا وتحدث ظاهرة التقهقر لكن ظاهرة التمايل تجعل الحركة الحقيقية لمحور الارض حاصلة على سطح مخروط صغير صـ م د مَ ينتقل مع ذاك ومحوره صـ و ويرسم حول صـ ك المخروط التحركى المذكور فحركة المخروط الصغير حول الكبير هى ظاهرة التقهقر وحركة محور الارض على سطح المخروط الصغير هى التمايل


ش ٤٣

وأخيرا وجد تغير آخر وهو الانتقال البطىء للمحور الاكبر لمدار الارض وذلك اننا علمنا ان طول الحضيض الذى يقاس بالقوس م ا ن (شكل ٤٤) من الدائرة الكسوفية المحصور بين الاعتدال الربيعى م ونقطة ن التى توجد الارض فيها حين تكون فى أصغر بعدها عن الشمس يأخذ فى الازدياد شيأ فشيأ

وفى سنة ١٦٩٠ لم يكن هذا الطول الا ٣١″ ٣٥′ ٢٧٧° وفى سنة ١٧٧٥ كان ١٧″ ٣′ ٢٧٦° وفى سنة ١٨٨٩ صار ٤٦″ ٥٣′ ٢٨٠° وهى زيادة لا تزيد عن ٦١″ فى السنة الا قليلا


ش ٤٤

وهذه الزيادة جزء منها ينسب لتقهقر نقطة الاعتدال التى من الوضع م تصير فى مَ على بعد زاوى قدره ٢٠,٥ً والجزء الآخر ينسب لانتقال خصوصى للمحور الاكبر أو للحضيض ق الذى ينتقل الى قَ والحاصل ان الحضيض الشمسى والاعتدال الربيعى يتقاربان ويمكن معرفة الوقت الذى فيه تنطبق هاتان النقطتان

وحيث ان نقط الاعتدالين والمنقلبين هى التى تعين مبادى الفصول وان المحور الاكبر للمدار يقسم هذا المنحنى الى قسمين متساويين تقطعهما الارض فى مدد متساوية فمتى انطبق الحضيض ونقطة الاعتدال حصل التساوى بين مدتى الربيع والصيف ومدتى الخريف والشتاء بل وان الربيع تكون مدته كالشتاء والخريف كالصيف ولكن هذه الحادثات الخصوصية لا تحصل فى الارض الا بعد ٤٧ قرنا

## الفصــــل السـادس

### الليـــل والنهـار

**١١٣ — الليل والنهار** — يسمى نهارا الزمن الذى تبقى فيه الشمس فوق افق محل بل هو الزمن الذى يمضى من شروق مركز قرص الشمس من الافق الحقيقى الى غروبه بالافق المذكور

**١١٤ — تغيرات مدة اليوم — المناطق الارضية** — مدة النهار ومدة الليل تتغير فى المحل الواحد وفى العرض الواحد بتغير الوقت من السنة ولهذه التغيرات نهاية عظمى ونهاية صغرى من ستة أشهر الى صفر وبالنظر الى المدة النسبية لليل والنهار تنقسم الارض الى خمس مناطق ينفصل بعضها عن بعض بالمدارين وبالدائرتين القطبيتين (شكل ٤٥) فالمنطقة الاولى المدارية ويحدها من الشمال مدار السرطان (وعرضه ٢٧َ ٢٣ْ عرضا شماليا) ومن الجنوب مدار الجدى (وعرضه ٢٧َ ٢٣ْ عرضا جنوبيا) ويقسمها خط الاستواء الى قسمين متساويين وتسمى المنطقة الحارة أو المدارية

ش ٤٥

الثانية ـ المنطقة المعتدلة الشمالية وهى المحصورة بين مدار السرطان والدائرة القطبية الشمالية (٣٣ ٦٦° شمالى)

الثالثة ـ المنطقة المعتدلة الجنوبية وهى المحصورة بين مدار الجدى والدائرة القطبية الجنوبية (٣٣ ٦٦° جنوبى)

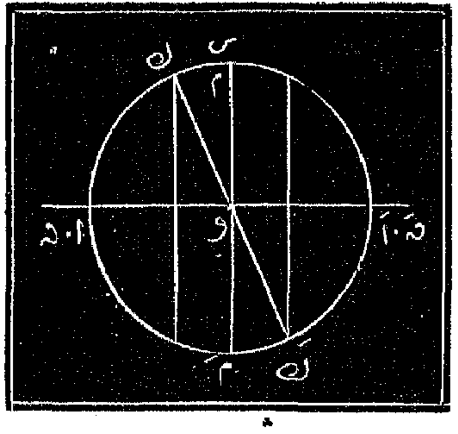
الرابعة ـ والخامسة المنطقة المتجمدة الشمالية والمنطقة المتجمدة الجنوبية وهما المحصورتان بين القطبين والدائرتين القطبيتين

فالمنطقة الحارة والمنطقتان المعتدلتان تحتوى على جميع النقط الارضية التى فيها مجموع مدتى النهار والليل يساوى يوما شمسيا

وأما المنطقتان المتجمدتان فتشتملان على النقط التى فيها مجموع مدتى النهار والليل يزيد عن مدة اليوم الشمسى ويبلغ سنة كاملة

**١١٥ — تساوى النهار والليل فى الاعتدالين** ـ قد قلنا ان ظاهرة تعاقب الليل والنهار تتغير امام الراصد على حسب المنطقة التى يوجد فيها وسنبين هذا التغير فى أوضاع مخصوصة ولما كان بعد الشمس عن الارض عظيما جاز أن نفرض ان افق نقطة من سطح الارض منطبقا على الافق المار بمركزها

ولنفرض أولا ـ ان الراصد موجود فى خط الاستواء فالعرض يكون معدوما فى هذه الحالة أعنى ان ارتفاع القطب فوق الافق يكون معدوما ويوجد خط القطبين فى مستوى الافق (شكل ٤٦)

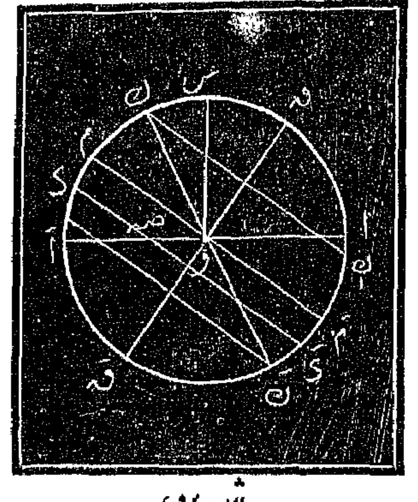


ش ٤٦

ويقسم مستوى الافق خط الاستواء والموازيات الى قسمين متساويين وحينئذ فهما كان وضع الشمس على الدائرة الكسوفية تكون مدتا النهار والليل متساويتين

ثانيا ـ أن يكون الراصد فى المنطقة المعتدلة ـ لتكن و وضعه فى مركز الكرة السماوية وان ق م ق م َ (شكل ٤٧) مستوى زوال المحل الذى نجعله مستوى الشكل وليكن ق ق َ خط القطبين و ا ا َ و م م َ و ل ل َ آثار مستوى الافق ومستوى دائرة المعدل ومستوى الدائرة الكسوفية على مستوى الشكل ونفرض لاجل البساطة ان خط الاعتدالين عمودى على مستوى الشكل فيسقط عليه فى و

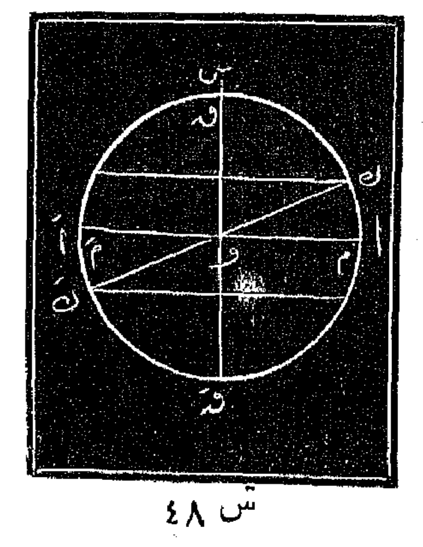
ففي الاعتدال الربيعي تكون الشمس في و وترسم دائرة المعدل ويكون النهار مساويا لليل ومن الاعتدال الربيعي الى المنقلب الصيفي تتقدم الشمس نحو نقطة لـَ وتكون أجزاء الموازيات التي فوق الافق أكبر من أجزائها التي تحتـه ويأخذ النهار في الازدياد بلا انقطاع ويصـل نهايتـه العظمى في المنقلب الصيفي وبالابتـداء من هذه اللحظة لغاية الاعتـدال الخريفي ترسم الشمس الموازيات التي رسمتها قبـل بذاتها لكن على عكس الترتيب ويأخـذ النهار في التناقص حتى يصـير مساويا لليـل في الاعتـدال الخريفي وتمر الشمس وقتئذ



ش ٤٧

في نصف الكرة الجنوبي وفي لحظة ما ترسم الموازي ى ىَ وحيث ان الجزء ىَ صـه الذي يوجد تحت الافق أكبر من الجزء الذي يوجد فوقه يصـير النهار أقل من الليل ويأخذ النهار في النقص لغاية المنقلب الشـتوي الذي يصير فيه الليـل في نهايته العظمى ومن المنقلب الشـتوي الى الاعتـدال الربيعي يأخـذ النهار عين المقادير بالثاني كما في الزمن السـابق له لكن على عكس الترتيب

ثالثا — أن يكون الراصد في القطب — في هذا الوضع تكون الموازيات التي ترسمها الشمس موازية لمسـتوى الافق (شـكل ٤٨) ومن الاعتدال الربيعي الى الاعتدال الخريفي تكون الشمس دائمـا فوق الافق ومن الاعتدال الخريفي الى الاعتـدال الربيعي يحصل العكس وحينئذ يوجد نهار قدره ستة أشهر وليل قدره ستة أشهر



ش ٤٨

**١١٦** — الشمس في السمت — في الاعتدالين ترسم الشمس دائرة المعـدل وبالنسبة لافق نقطة من خط الاسـتواء تصير هي الدائرة العظيمة الرأسية التي تمر بنقطتي الشرق والغرب وحينئذ تمر الشمس بالسمت في نصف نهار النقطة المذكورة

وهذه الظاهرة مشتركة بين جميع النقط الارضية الموجودة بين خط الاستواء والمدارين لغاية عرض ٢٧َ ٢٣° تقريبا لان محور الدوران مائل على مستوى الدائرة الكسوفية بقدر ٣٣َ ٦٦° وحينئذ فرأسي نقطة ما عرضها ٥° شماليا مثلا يكون بين الدائرة الكسوفية ودائرة المعدل ولا بد من مرور الشمس به أثناء انتقالها من الاعتدال الربيعي الى المنقلب الصيفي

وبهذه المثابة فانه فى يوم المنقلب الصيفى تمر الشمس فى نصف النهار بسمت جميع النقط الموجودة على مدار السرطان وفى يوم المنقلب الشتوى تمر بسمت جميع النقط الموجودة على مدار الجدى لان رأسى أى نقطة من هذه النقط يكون موجودا فى مستوى الدائرة الكسوفية

وحينئذ فبين خط الاستواء والمدارين أعنى فى جميع المنطقة الحارة تحصل الحالة بذاتها مرتين فى السنة لان الارتفاع الزوالى للشمس وقتئذ يبلغ بل يزيد عن ٩٠° و ينتج من ذلك ان الشمس بين هذين الوقتين وأحد المنقلبين تكون وقت الظهر فى جهة من الرأسى نحو الشمال وفى باقى السنة تكون فى الجهة الاخرى منه نحو الجنوب وسكان المنطقة الحارة يرون ظلهم حينئذ وقت الزوال تارة منبسطا نحو القطب وتارة فى جهة خط الاستواء أعنى فى شمال أو جنوب أفقهم

١١٧ — النهاية العظمى والنهاية الصغرى لمدد النهار والليل فى عروض مختلفة — من الجدول الآتى تتبين لك مدد أطول الايام وأقصر الليالى لجملة عروض محصورة بين الدائرتين القطبيتين

| عروض | مدة أطول نهار أو أطول ليل | مدة أقصر نهار أو أقصر ليل |
|---|---|---|
| ° ' | س د | س د |
| ٠٠ ٠ خط الاستواء | ١٢ ٠٠ | ١٢ ٠٠ |
| ١٥ ٠٠ | ١٢ ٥٣ | ١١ ٧ |
| ٢٧ ٣٣ مدار | ١٣ ٢٧ | ١٠ ٣٣ |
| ٣٠ ٠٠ | ١٣ ٥٦ | ١٠ ٤ |
| ٤٥ ٠٠ | ١٥ ٢٦ | ٨ ٣٤ |
| ٦٠ ٠٠ | ١٨ ٣٠ | ٥ ٣٠ |
| ٣٣ ٦٦ دوائر قطبيه | ٢٤ ٠٠ | ٠٠ دوائر قطبيه |

١١٨ — الشفق — مدة النهار التى تكلمنا عليها تتغير بسبب الظاهرة المعروفة باسم شفق أو فجر ولبيان هذه الظاهرة نقول انه عندما تكون الشمس تحت افق الراصد لا يصل اليه أدنى شعاع مستقيم لكن الاجزاء العليا من الجو تكون مستضيئة مباشرة ولما كان شأن العناصر الغازية أن تعكس فى جميع الجهات الضوء الذى تتلقاه فينشأ عن هذا التفرق نور قليل يسمى الشفق أو الفجر على حسب كون الظاهرة فى المساء أو فى الصباح

ولنبين ما يكون بعد غروب الشمس فنقول انه بمجرد غروبها تأخذ الطبقة الشفقية الفاصلة أجزاء الجو التى لم تزل تدخل فيها الاشعة عن الجزء الذى انقطع دخولها فيه فى الانحطاط نحو الافق ولا يبتدئ الليل الامن اللحظة التى فيها ينقطع وصول الاشعة الشمسية الى أى نقطة من منطقة الجو التى تعلو الافق وتكون الشمس وقتئذ على بعد قدره ١٨° وتحصل الظاهرة صباحا فى جهة عكسية فيبتدئ الفجر حينما تكون الشمس تحت الافق بقدر ١٨° ثم ترتفع الطبقة الفجرية شيأ فشيأ و يعقب النهار الليل

وحينئذ ينشأ عن الشفق زيادة فى طول النهار من مدة الليل ومدة الشفق التى هى قليلة فى خط الاستواء تأخذ فى الازدياد بازدياد العرض لان الموازيات تأخذ فى الميل شيأ فشيأ على الافق ويسهل تعيين هذه المدة فى محل ما بعملية رسمية ولنحل المسئلة بجعل مصر محلا للرصد مثلا (شكل ٤٩) ونأخذ مستوى الشكل هو مستوى زوال المحل وليكن و سـ الرأسى و ن ن خط القطبين و م مَ و ا اَ أثرا مستوى دائرة المعدل ومستوى الافق على مستوى الشكل فبما ان القوس ا ب يساوى ١٨°

ش ٤٩

فخط ب بَ موازيا الى ا اَ وليكن د دَ الموازى الذى ترسمه الشمس فى يوم معين فمدة الشفق تطابق بداهة للزمن المستعمل بالشمس لقطع قوس الموازى المنسقط فى حـ ء فاذا ادير مستوى الموازى حول د دَ حتى ينطبق على مستوى الشكل يتحصل بسهولة على النسبة بين القوس المنسقط فى حـ ء و بين المحيط بتمامه ومقدار هذه النسبة يكون مبينا لمدة الشفق مقدرة بكسور من اليوم وهذه المدة ليست واحدة فى الايام المختلفة من السنة لان الاقواس المرسومة بالشمس بين الافق والدائرة ب بَ ولو أن مساقطها متساوية لكنها غير متساوية ودرجها ليس واحدا وتصل مدة الشفق فى المحروسة الى ساعة ونصف

فاذا فرض ان محل الرصد عرضه ٤٩ً ٥٠َ ٤٨ْ أى باريس مثلا ففى المنقلب الصيفى يستمر الشفق طول الليل أى لا ينتهى الشفق الا ويظهر الفجر ولا يوجد ليل فى مثل هذا المحل فى ذلك اليوم وذلك لان البعد ن لَ يكون مساويا الى ٩٠ْ — ١٩ً ٢٧َ ٢٣ْ وحيث ان الشمس فى المنقلب الصيفى ترسم الموازى لَ اَ لَ وكان عرض البلد ٤٩ً ٥٠َ ٤٨ْ يكون

ن لَ = ن اَ = ٤١ً ٥٢َ ٦٦ْ والقوس ن ا = ٤٩ً ٥٠َ ٤٨ْ

فيكون اَ = ٥٢ً ١َ ٤١َ ١٧ْ

وفى ذلك اليوم لا تصل الشمس الموازى الموضوع على بعد ١٨ْ تحت الافق وعليه لا ينتهى الشفق حتى يظهر الفجر

---

# الفصل السابع

## الفصول الفلكيه

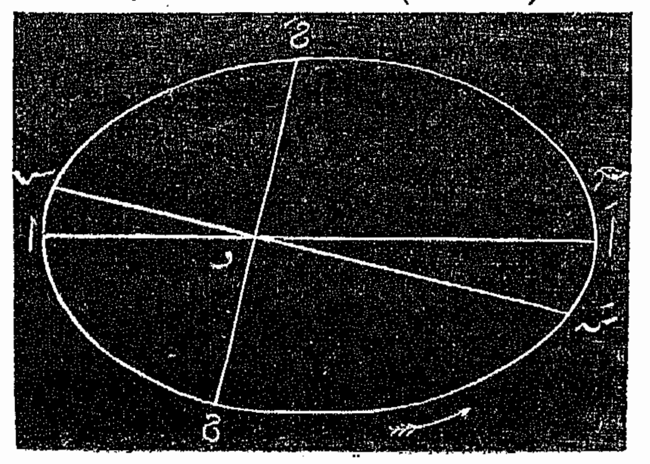
١١٩ — الفصول الفلكية — تنقسم السنة الى أربعة أزمان أى فصول يحدها الاعتدالان والمنقلبان وهى الربيع ويبتدئ من الاعتدال الربيعى وينتهى بالمنقلب الصيفى والصيف ويبتدئ من المنقلب الصيفى وينتهى بالاعتدال الخريفى والخريف ويبتدئ من الاعتدال الخريفى وينتهى بالمنقلب الشتوى والشتاء ويبتدئ من المنقلب الشتوى وينتهى بالاعتدال الربيعى

واللحظات المضبوطة لمبادى الفصول الاربعة تختلف من سنة الى سنة ولكن بين حدود ضيقة جدا وهاك مدد الفصول لسنة ١٨٨٩ بالنسبة للمحروسة ومباديها

| | | | س | د | |
|---|---|---|---|---|---|
| أول فصل الربيع | ١٩ | مارث | ٢٣ | ٥٦ | (زمن وسطى فلكى) |
| أول فصل الصيف | ٢٠ | يونيه | ٢٠ | ١٥ | ( » » » ) |
| أول فصل الخريف | ٢٢ | سبتمبر | ٠٤ | ٥٩ | ( » » » ) |
| أول فصل الشتاء | ٢٠ | ديسمبر | ٢٣ | ٠٨ | ( » » » ) |

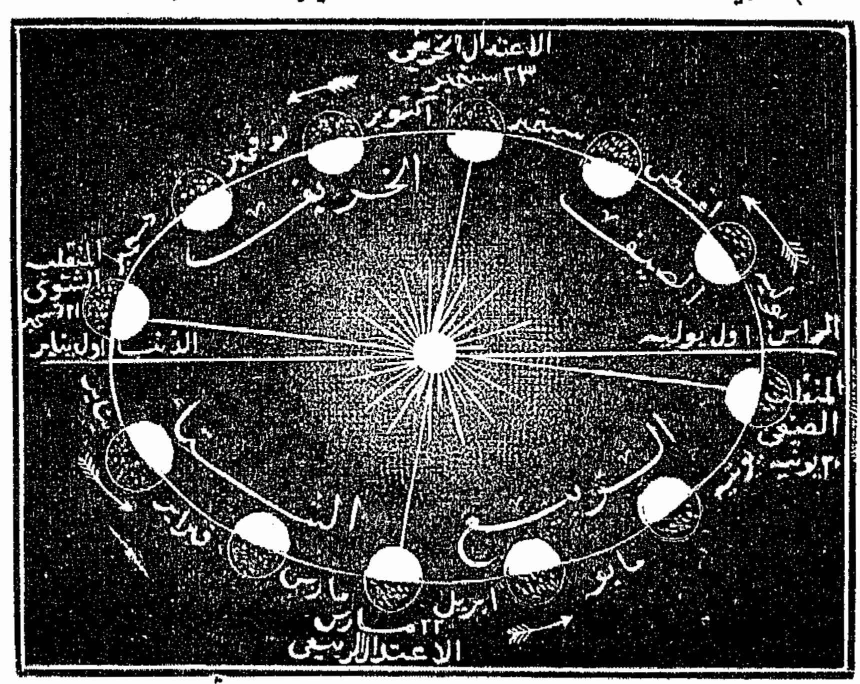
| | د | س | يوم |
|---|---|---|---|
| مدة الربيع | ١٩ | ٢٠ | ٩٢ |
| مدة الصيف | ٤٤ | ٠٨ | ٩٣ |
| مدة الخريف | ٠٩ | ١٨ | ٨٩ |
| مدة الشتاء | ٤٨ | ٠٠ | ٨٩ |

**١٣٠ – عدم تساوى الفصول الفلكية** – يرى من هذا الجدول ان الصيف هو أطول الفصول وان الشتاء أقصرها وسبب عدم تساوى الفصول ناتج عن قاعدة المساحات وعن ميل خط الرؤس على خط المنقلبين لاننا اذا نظرنا الى (شكل ٥٠) نرى ان نصف القطر البورى وح أصغر من وحَ وبناء عليه اذا دوّرنا القطاع سـ ح سـَ حول سـ سـَ حتى ينطبق على الجزء الآخر من المستوى تقع نقطة ح على وحَ فى نقطة أقرب الى و من حَ ومن ذا يستنتج أن القطاع سـ وحَ أكبر من القطاع سـ و ح وان القطاع



ش ٥٠

سـَ وحَ أكبر من سـَ و ح وبناء على قانون المساحات يكون الزمن المستعمل بالشمس لرسم القوس سـ حَ أكبر من اللازم لرسم القوس سـ ح وأيضا الزمن اللازم لقطع القوس سـَ حَ أكبر من اللازم لقطع القوس سـَ ح أى ان الخريف أطول من الشتاء والصيف أطول من الربيع وأيضا حيث ان نصفى القطرين البوريين وسـ و وحَ أصغر من وح و وسـَ على التناظر فاذا دوّرنا القطاع سـ وحَ حول منصف الزاويتين سـ وح و سـَ وحَ حتى ينطبق على القطاع سـَ وح يرى أن الاول قد انحصر فى الثانى ومنه يستنتج أن الربيع أطول من الخريف وحينئذ يكون ترتيب الفصول بالنسبة لاطوالها هكذا صيف . ربيع . خريف . شتاء و (شكل ٥١) يبين انتقال الارض حول الشمس وترتيب الفصول بالسنة لبعضها




ش ٥١

١٣١ - الفصول الجوية - الفصول الفلكية المذكورة هى أزمنة ذات طباع متميزة بالنظر الى حرارة المحلات المختلفة من الارض
فبالنسبة لنصف الكرة الشمالى يكون فصل الشتاء هو أبرد الفصول والصيف هو أشدّها حرارة والخريف والربيع معتدلان
وأما فى نصف الكرة الجنوبى فالربيع والصيف هما فصلا البرودة والخريف والشتاء هما فصلا الحرارة ويتضح هذا التخالف الحاصل فى نصفى الكرة الارضية بمعرفة الاسباب الفلكية لتغيرات درجة الحرارة

١٣٢ - اذا اعتبرت الكرة الارضية بكليتها فكمية الحرارة التى تتلقاها من الشمس تتعلق ببعد الكوكبين عن بعضهما وتتغير بناء على ذلك بتغير البعد المذكور فتبلغ النهاية العظمى فى الحضيض وحيث أن المحور الاكبر للمدار يقسم المنحنى الى جزأين متساويين تقطعهما الارض فى مدتين متساويتين فينتج من ذلك أن الكرة الارضية تتلقى من الشمس كميات متساوية من الحرارة فى مدة كل من هذين النصفين من السنة
والارصاد تبين أن الحرارة المتوسطة للارض ثابتة تقريبا وانها لم تتغير تغيرا محسوسا منذ ألوف من السنين ويلزم من ذلك أن الارض تفقد كل سنة بالتشعع فى الفراغ جميع الحرارة التى تتلقاها من الشمس

١٣٣ - تأثير ارتفاع الشمس على شدة التشعع - قد ذكرنا فيما تقدم أن تغير بعد الشمس عن الارض يغير كمية الحرارة التى تكتسبها الارض لكن ذلك التغير لا يكفى لبيان التغيرات العظيمة التى تعترى درجة الحرارة فى محل معلوم فى الاوقات المختلفة من السنة ولا لايضاح عدم تساوى توزيع درجة الحرارة على العروض المختلفة بل هناك أسباب أخرى تنقسم الى قسمين أحدهما يتعلق بالتركيب الطبيعى للارض وجوّها والآخر بالظواهر الفلكية ونحن نتكلم على هذا القسم الاخير
فهذا القسم يحتوى على سببين فلكيين أصليين يعينان شدة الحرارة التى ترسلها الشمس نحو نقطة معلومة من سطح الكرة الارضية ومنهما تنتج درجة الحرارة المتوسطة اليوم فى زمن معلوم وهذان السببان هما أولا ارتفاع الشمس وقت الزوال فوق الافق وثانيا المدة التى تستغرقها لقطع قوسها اليومى
ويبرهن فى الطبيعة على انه اذا وجد سطح مستو أمام ينبوع حرارى فشدة الحرارة الساقطة عليه تزداد كلما قرب السطح من أن يكون عموديا على الاشعة الحرارية وحينئذ فى أثناء شروق

الشمس تأخذ الارض النهاية الصغرى من الحرارة ثم تسخن شيأ فشيأ كلما ارتفع قرص الشمس وقل ميل الاشعة بسبب الحركة اليومية وعند منتصف النهار تأخذ النهاية العظمى من الحرارة ثم تبتدئ في النقص لغاية ساعة الغروب

وبمقارنة يومين في وقتين مختلفين من السنة بالنسبة لميل الاشعة الشمسية نجد أن مقدار الحرارة في محل معلوم في كل من هذين اليومين يتعلق بالارتفاع الذى تصل اليه الشمس في وقت الظهر وهذا الارتفاع يتغير بتغير الفصول (١) فيزداد من الاعتدال الربيعى الى المنقلب الصيفى ثم يتناقص من المنقلب الصيفى الى الاعتدال الخريفى ويصل نهايته الصغرى في المنقلب الشتوى ثم بعد ذلك يمر في فصل الشتاء بجميع المقادير التى كانت له في فصل الخريف لغاية الاعتدال الربيعى

١٣٤ — تأثير مدة اليوم — كما أن درجة الحرارة تتعلق بارتفاع الشمس فوق الافق تتعلق بمدة اليوم أعنى أن درجة الحرارة تتعلق أيضا بطول النهار وهذا الطول يزداد في محل معلوم بازدياد ارتفاع الشمس وقت الزوال ويتحد السببان ويجعلان فصلى الشتاء والخريف باردين والصيف والربيع حارين لكن ذلك عكس الجارى في نصف الكرة الجنوبى لانه في العرضين المتساويين والمتضادين تتغير ارتفاعات الشمس وقت الزوال في جهة عكسية وكذلك المدد النسبية للايام والليالى ففيه الخريف والشتاء هما فصلا الحرارة والربيع والصيف فصلا البرودة

١٣٥ — تغيرات درجة الحرارة بحسب العروض — جميع ما ذكر بخصوص درجة الحرارة لمحل معلوم يتضح منه عدم تساوى توزيع كمية الحرارة على حسب العروض فالمنطقة الحارة المحصورة بين خط الاستواء والمدارين تشتمل على المحلات التى درجة حرارتها السنوية المتوسطة أكبر ما يمكن وفيها تختلف طبيعة الفصول قليلا وذلك لان فيها تحفظ الشمس بطول السنة ارتفاعا عظيما فوق الافق وقد ذكرنا أن بين المدارين فقط تبلغ سمت الرأس وأشعتها تكون عمودية على سطح الارض

وفي المنطقتين المعتدلتين يوجد فرق عظيم بين درجات الحرارة للفصول فان الشمس في المنقلب الشتوى يكون ارتفاعها قليلا وفي المنقلب الصيفى يكون عظيما وتقرب من السمت لكن الذى يميز هاتين المنطقتين عن المنطقة الحارة هو أن مدة الايام في الفصول الشتوية أصغر من مدتها في الفصول الصيفية

(١) ارتفاع الشمس وقت الزوال يساوى لتمم عرض البلد زائد أو ناقص ميل الكوكب ففى المنقلبين يبلغ نهايتيه العظمى والصغرى وهما بالنسبة للقاهرة ٥٨َ ٥٩° ± ٢٧َ ٢٣° أعنى ٢٥َ ٨٣° في المنقلب الصيفى و ٣١َ ٣٦° في المنقلب الشتوى

ثم أن المنطقتين الباردتين هما اللتان درجة حرارتهما أصغر من درجة حرارة المناطق الثلاث المتقدمة وذلك لانهما نائتان على اتجاه الاشعة الشمسية فى مدة الايام الطويلة للربيع والصيف . وبغياب الشمس فى مدة الليالى الطويلة للخريف والشتاء يتجمع الثلج والجليد ويجعل تلك الجهات غير قابلة للسكن

---

## الفصـــــــل الثـامن

### التقـــــــويم

١٣٦ - التقويم - هو عمل جداول يعرف منها حساب السنين والاشهر والايام وقد اختلف الامم فى كيفية حساب السنين لان السنة الشمسية مركبة كما ذكرنا من أيام صحيحة وكسر يوم فلو بقيت على ذلك لتغيرت ساعة ابتداء كل سنة ولذلك ضرب قدماء المصريين صفحا عن الكسر واعتبروا السنة مركبة من ٣٦٥ يوما فقط وقسموها الى ١٢ شهرا كل شهر ٣٠ يوما ثم أضافوا الى آخر كل سنة خمسة أيام تسمى بأيام النسىء والاشهر المصرية هى المستعملة الآن عند القبط وتسمى على التوالى . توت . بابه . هاتور . كيهك . طوبه . امشير . برمهات . برموده . بشنس . بؤنه . أبيب . مسرى .

١٣٧ - التصليح أو التعديل اليوليوسى - هذه القاعدة وان امكن بها ازالة الاختلاف الذى يقع فى ساعة ابتداء كل سنة الا انه يبقى مع استعمالها اختلاف آخر فى يوم الابتداء وذلك اننا لو فرضنا مرور الشمس بالاعتدال الربيعى فى ٢١ مارث فبعد أربع سنين تتجمع كسور الايام المتروكة وتصير يوما كاملا فتمر حينئذ الشمس بالاعتدال المذكور فى ٢٢ مارث وبعد أربع سنين أخرى تمر به فى ٢٣ منه وهكذا ولا يخفى ما ينتج من ذلك من الخلاف فى الفصول واضطراب مواسم الزراعة ولما تنبه لذلك يوليوس قيصر رومية أمر الفلكى (سوسيجينوس) بعمل تعديل فابتدأ بضم ٦٧ يوما الى السنة التى عمل فيها التعديل أعنى الى سنة ٧٠٧ لروميا أو سنة ٤٧ قبل المسيح وكذلك قرر انه فى كل أربع سنين تكون الثلاث الاول ٣٦٥ يوما والسنة الرابعة ٣٦٦ وتسمى بالسنة الكبيسة والسنين العادية تسمى بسيطة وذلك بسبب الساعات الست التى تزيد بها المدة الحقيقية للسنة عن عدد الايام الصحيحة وانتشرت هذه القاعدة فى جميع البلاد (١)

---

(١) تنبيـــه - حيث ان السنة الرابعة فى كل أربع سنين تكون كبيسة فيكفى لمعرفة السنين البسيطة والكبيسة ان نقسم عدد سنى التاريخ على ٤ فان قبل القسمة كانت السنة المطلوبة كبيسة والا فبسيطة مثلا ١٨٨٨ كبيسة و ١٨٨٩ بسيطة

١٣٨ — التعديل الجريجوارى — ان القاعدة اليوليوسية جعلت السنة ٣٦٥ يوما و ٦ ساعات مع انها فى الحقيقة ٣٦٥ يوما و ٥ ساعات و ٤٨ دقيقه و ٥٠ ثانيه أعنى ٣٦٥،٢٤٢٢١٧ يوما وسطيا وحينئذ فكل سنة يوليوسيه تزيد عن المدة الحقيقية للسنة الفلكية بكسر من اليوم مساو الى ٠،٠٠٧٧٨٣ أعنى ١١ دقيقة تقريبا وهذا الفرق ولو أنه صغير لكنه يزيد مع الزمن ويصير يوما كاملا فى كل ١٣٢ سنة وفى سنة ١٥٨٢ ميلادية قد وصلت هذه الزيادة الى عشرة أيام فأمر (البابا جريجوار ليليو) الطليانى بأن يصلح هذا الخلل فأسقط ١٠ أيام من تلك السنة بجعله الخامس من شهر اكتوبر الخامس عشر ثم اعدم تكرر هذا الخطأ لاحظ ان الفرق السنوى المذكور وهو ١١ دقيقة يصير ١٨ ساعة تقريبا فى كل مائة سنة وثلاثة أيام فى كل اربعمائة سنة فوجب اذن طرح ثلاثة أيام من كل اربعمائة سنة فأضاف الى القاعدة اليوليوسية قاعدة أخرى وهى ان كل ثلاث سنين مئينية عوضا عن أن تكون كبيسة تكون بسيطة والرابعة تبقى كبيسة وهلم جرا والمراد بالسنة المئينية ما ينتهى عدد التاريخ فيها بصفرين مثالها ١٦٠٠ ولزيادة السهولة اتفقوا على أن السنة المئينية الكبيسة هى التى عددها يقبل القسمة على ٤٠٠ فسنة ١٦٠٠ كبيسة و ١٧٠٠ و ١٨٠٠ و ١٩٠٠ بسيطة

وقد قبل هذا التعديل جميع الامم ماعدا المسكوف والاروام والاقباط فانهم بقوا على التعديل اليوليوسى ولذلك نرى فرقا ١٢ يوما مابين حسابهم وحساب الافرنج ١٠ منها هى الايام التى أسقطها جريجوار والاثنان ناشئان عن جعلهم سنتى ١٧٠٠ و ١٨٠٠ كبيستين والافرنج جعلوهما بسيطتين

ومع ذلك فلا يزال يوجد بين مدة السنة الفلكية والمتخذة فى التقويم الجريجوارى للسنة المدنية فرق يبلغ ربع يوم تقريبا كل عشرة قرون أو الى يوم صحيح كل ٤٠٠٠ سنة بحيث يجب ان يضم يوم لسنة ٥٥٨٢ لاجل تعديل تجمع الخطأ القليل جدا

١٣٩ — مبدأ السنة — مبدأ السنة قد تغير كثيرا أيضا فانه كان عند طائفة من الاروباويين هو اليوم الاول من شهر مارث وعند آخرين ٢٥ دسمبر وآخرين بين ٢٢ مارث و ٢٥ ابريل

واخيرا أصدر (كرلوس) التاسع أمرا ملوكيا سنة ١٥٦٤ بجعل مبدأ السنة هو اليوم الاول من شهر يناير وفى الوقت الذى وضعت فيه فى فرنسا القاعدة المترية الجديدة أراد العلماء الذين كانوا مشتغلين بهذا الامر جعل مبدأ السنة المدنية موافقا لمبدأ السنة الفلكية بجعل

يوم الاعتدال الخريفي هو أول السنة حيث ان هذا اليوم كان موافقا لليوم الذى تأسست فيه الجمهورية الفرنساوية

١٣٠ - الاشهر والاسبوع - تنقسم السنة الى نوعين من الاقسام هما الشهر والاسبوع وكلاهما منسوب لحركة القمر فالشهر مقداره ٢٩٫٥٢ يوما فى الحقيقة والمدة المتوسطة للشهر هى ٣٠ يوما وكل وجه من أوجه القمر كما سيأتى يعادل سبعة أيام وهى مدة الاسبوع

وتحتوى السنة المدنية (الشمسية) كما لا يخفى على ١٢ شهرا هاهى أسماؤها ومددها

| أسماء الاشهر | عدد الايام | أسماء الاشهر | عدد الايام | أسماء الاشهر | عدد الايام |
|---|---|---|---|---|---|
| يناير.... | ٣١ | مايو..... | ٣١ | سبتمبر.... | ٣٠ |
| فبراير.... | ٢٨ أو ٢٩ | يونيه.... | ٣٠ | اكتوبر... | ٣١ |
| مارث.... | ٣١ | يوليه.... | ٣١ | نوفبر.... | ٣٠ |
| ابريل ... | ٣٠ | أغسطس.. | ٣١ | دسمبر.... | ٣١ |

وأما أسماء أيام الاسبوع باللغة الافرنجية فمأخوذة جميعها ماعدا يوم الاحد الذى كان مخصصا للشمس من أسماء السيارات التى كان الرومانيون مخصصين لها الساعة الاولى من كل يوم وأسماؤها باللغة العربية هى . الاحد . الاثنين . الثلاثاء . الاربعاء . الخميس . الجمعة . السبت .

# الباب الرابع
# الشمس

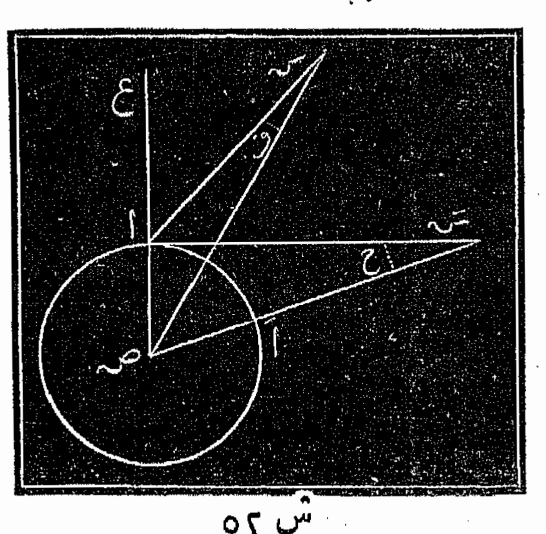
## الفصل الاول

### شكل الشمس - اختلاف المنظر - بعد الشمس عن الارض - النسبة بين حجم الشمس والارض

١٣١ - شكل الشمس - قرص الشمس مستدير ويظهر ذلك للعين العارية حينما يكون ضوؤها الشديد محجوبا بطبقة من السحاب أو من الضباب والاقيسة الميكرومترية المتعددة قد أكدت التساوى التام بين جميع أقطاره .

وسيتبين أن للشمس حركة دورانية حول نفسها بها تظهر لنا جميع أوجهها ونراها مستديرة فيكون شكلها كرويا ليس به انبعاج ظاهر البتة

١٣٢ - اختلاف المنظر - يسمى اختلاف منظر كوكب بالنسبة لنقطة من سطح الارض الزاوية التي عليها يرى الراصد الموجود في مركز الكوكب نصف قطر الارض الواصل الى النقطة المعتبرة من سطح الارض (شكل ٥٢) وليكن مثلا س و ص مركزى الشمس والارض وان ا نقطة ما من سطح الارض فالمستوى المار بالنقط الثلاث ص و س و ا يقطع الارض التي نفرضها هنا كروية في دائرة عظيمة وبناء على التعريف تكون الزاوية ص س ا = ف هي اختلاف منظر الشمس بالنسبة لنقطة ا



ش ٥٢

فاذا كانت الشمس في سَ على المماس من نقطة ا أعنى في أفق نقطة ا فاختلاف المنظر في هذه الحالة يسمى اختلاف المنظر الافقى وفيما عدا ذلك من الاوضاع يسمى اختلاف منظر الارتفاع وبالحساب وجد ان اختلاف المنظر الافقى المتوسط للشمس هو ٨٫٨٨ً

١٣٣ — بعد الشمس عن الارض — بمعرفة اختلاف المنظر الافقى للشمس وهو ا سَ ص يمكن معرفة سَ ص الذى هو بعد الشمس عن الارض من القانون $\text{د} = \frac{\text{نق}}{\text{ح}}$ (١) الذى فيه ح يدل على طول قوس ٨٫٨٨″ فى دائرة نصف قطرها هو الوحدة ويكون

$$\text{د} = \text{نق} \div \frac{\text{ط} \times \text{٨٫٨٨}''}{\text{٦٤٨٠٠٠}} = \frac{\text{٦٤٨٠٠٠}}{\text{ط} \times \text{٨٫٨٨}''} \times \text{نق} = \text{٢٣٣٠٠ نق تقريبا}$$

---

(١) اذا رمز بالحرف ف لاختلاف منظر كوكب موجود فى س وبحرف س لبعده السمتى فى هذا الوضع وبالحرف ح لاختلاف المنظر الافقى له و نق نصف قطر الارض و د البعد ص سَ = ص س فى مثلث ص ا سَ القائم الزاوية يحدث

$$\text{نق} = \text{د حا ح}$$

وحيث ان الزاوية ح صغيرة جدا يكون

$$\text{نق} = \text{د . ح}$$

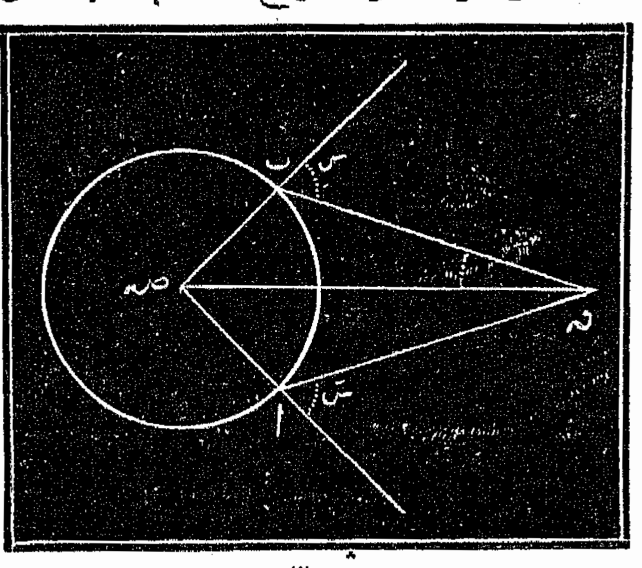
ومن مثلث ص ا س المائل الزاوية يحدث

$$\frac{\text{نق}}{\text{د}} = \frac{\text{حا ص س ا}}{\text{حا ص ا س}} \quad \text{أو} \quad \frac{\text{نق}}{\text{د}} = \frac{\text{ف}}{\text{حا س}}$$

وذلك بتعويض الجيب بقوسه وبتسوية مقدارى د ببعضهما يحدث

$$\text{ف} = \text{ح حا س}$$

ويلزم حينئذ تعيين اختلاف المنظر الافقى ح وقد سلك المعلم (لالاند) والمعلم (لاكاى) الطريقة العمومية الآتية لتعيين اختلاف منظر القمر والزهرة والمريخ وذلك انهما وجدا على خط جانبى واحد وأولهما فى برلين والثانى فى رأس عشم الخير وليكن ا و ب هما النقطتان المذكورتان (شكل ٥٣) اللتان عرضهما ع و عَ مثلا فالراصدان المذكوران قاسا البعدين السمتيين س و سَ وقت مرور الكوكب بمستوى الزوال ففى المثلثين ن ا ص و ن ب ص يحدث



ش ٥٣

$$\text{ف} = \text{س} - \text{ا ص ن} \quad \text{و} \quad \text{ف} = \text{سَ} - \text{ب ص ن}$$

أى ان بعد الشمس عن الارض يزيد عن نصف قطر الارض ٢٣٠٠٠ مرة وحيث ان نصف القطر المذكور يساوى ٦٣٧٧ كيلومترا يكون بعد الشمس عن الارض ١٤٨٠٠٠٠٠٠ فرسخا تقريبا والضوء الذى سرعته ٣٠٠٠٠٠ كيلومترا تقريبا فى الثانية يستغرق ثمان دقائق وبعض ثوان لقطع البعد المذكور

---

وبجمع هاتين المتساويتين يحدث

$$\text{ف} + \text{فَ} = \text{س} + \text{سَ} - (\text{ع} + \text{عَ})$$

ثم نعلم ان

$$\text{ف} = \text{ع حا س} \quad \text{و} \quad \text{فَ} = \text{ع حا سَ}$$

ويحدث

$$\text{ف} + \text{فَ} = \text{ع} (\text{حا س} + \text{حا سَ})$$

أو

$$\text{ف} + \text{فَ} = ٢\,\text{ع حا} \tfrac{1}{2}(\text{س} + \text{سَ})\ \text{حا} \tfrac{1}{2}(\text{س} - \text{سَ})$$

وبتسوية مقدارى ف + فَ يحدث

$$٢\,\text{ع حا} \frac{\text{س} + \text{سَ}}{٢} \cdot \text{حما} \frac{\text{س} + \text{سَ}}{٢} = \text{س} + \text{سَ} - (\text{ع} + \text{عَ})$$

ومنه

$$\text{ع} = \frac{\text{س} + \text{سَ} - (\text{ع} + \text{عَ})}{٢\,\text{حا} \frac{\text{س} + \text{سَ}}{٢}\ \text{حما} \frac{\text{س} - \text{سَ}}{٢}}$$

ومتى اريد معرفة حركات الكواكب لزم مقارنة الارصاد المعمولة على سطح الارض ببعضها ومعرفة ماتؤول اليه لو كانت حاصلة من مركز الارض ومتى اشتغل بالزوايا السمتية فليس لاختلاف المنظر تأثير عليها لان الكوكب الذى يظهر انه موجود فى مستور أسى بالنسبة لراصد موجود فى نقطة من سطح الارض لايزال موجودا فيه بالنسبة للراصد الموجود فى مركز الارض لكن متى اشتغل بالارتفاعات لايكون الامر كذلك فان اختلاف المنظر ينقص ارتفاعات الكواكب بحيث يجب ان يضم لكل ارتفاع جرى رصده المقدار المطابق لاختلاف منظر الارتفاع فكما ان فعل الانكسار يزيد الارتفاعات كذلك اختلاف المنظر ينقصها فاذا ارمز بحرف ر لارتفاع جرى رصده وبالحرف ف لاختلاف منظر الارتفاع وبالحرف ك للتصحيح المنسوب للانكسار يكون الارتفاع الحقيقى هو ر + ف − ك

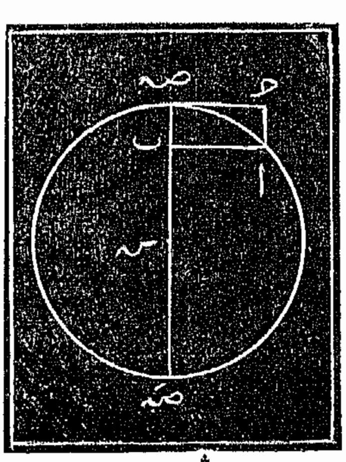
**١٣٤ — نصف قطر الشمس** — يمكن ان يقال ان اختلاف منظر الشمس هى الزاوية التى عليها يرى الراصد الموجود فى مركز الشمس نصف قطر الارض و يكون نصف القطر الظاهرى للارض هو المنظور من الشمس ثم اننا نعلم ان المقدار المتوسط لنصف القطر الظاهرى للشمس هو ٣َ ١٦َ أو ٩٦٣ً ومن البديهى أن أنصاف الاقطار الحقيقية للشمس وللارض تناسب انصاف أقطارهما الظاهرية وحينئذ فبالرمز لنصفى قطرى الشمس والارض بالرمزين س و سَ يحدث

$$\frac{\text{س}}{\text{سَ}} = \frac{\text{٩٦٣ً}}{\text{٨٫٨٨ً}} = \text{١٠٨٫٤}$$

ويكون مقدار نصف قطر الشمس هو ٦٩٢٠٠٠ كيلومترا وسطحها ٦٠٠٠٠٠٠ كيلومترا مربعا أعنى قدر سطح الارض ١١٨٠٠٠٠ مرة وأما حجمها فقدر حجم الارض ١٢٨٠٠٠٠ مرة

**١٣٥ — حجم الشمس — كثافتها** — كل جسم خارج عن كوكب اذا ترك ونفسه يتجه نحو مركز الكوكب بقوة من ذلك الكوكب تسمى التثاقل بسببها يتحرك الجسم حركة منتظمة التغير والمسافة التى يقطعها بهذه الكيفية فى مدة ما كثانية مثلا غير متعلقة لا بجسمه ولا بطبيعته ولكنها تتغير بالنسبة الطردية لجسم الكوكب و بالنسبة العكسية لمربع بعد الجسم عن مركز الكوكب وينتج من هذه القاعدة انه لاجل مقارنة جسمى كوكبين يكفى امكان تقدير الطريقين المقطوعين فى مدة ثانية بجسمين حيثما اتفق موضوعين على بعد واحد من مركزى الكوكبين فالنسبة بين هذين الطريقين تكون هى النسبة بين جسميهما بالضبط

وقد رأينا ان الارض ترسم قطعا ناقصا تشغل الشمس احدى بورتيه فيمكن اعتبار القطع الناقص المذكور محيط دائرة تشغل الشمس مركزه ونصف قطره يساوى نصف قطر الارض ٣٢٠٠٠ مرة ومدة الدورة الانتقالية هى مدة سنة نجمية أو ٣٦٥٫٢٥٦٣٨ يوما شمسيا وسطيا



ش ٥٤

ولنفرض أن الارض فى وضع حيثما اتفق صه (شكل ٥٤) فاذا كانت متأثرة بسرعتها الابتدائية فقط فانها فى مدة ثانية تقطع طريقا مثل صه ح فى اتجاه المماس واذا كانت متأثرة بقوة جذب الشمس فقط تقطع فى مدة ثانية طريقا مثل صه ب فى اتجاه نصف القطر و بسبب هاتين الحركتين الآتيتين تقطع الارض القوس صه ا الذى يمكن اعتباره قطر المتوازى الاضلاع المرسوم على الخطين صه ح و صه ب

حيث يمكن اعتبار القوس والوتر متحدين وحيث يمكن اعتبار صـ ب مسقطا للقوس صـ ا يحدث

$$\text{صـ ب} = \frac{\overline{\text{صـ ا}}^{2}}{\text{صـ صـَ}}$$

لكن

$$\text{قوس صـ ا} = \frac{٢ط \times ٢٣٣٠٠ \text{ س}}{٨٦٤٠٠ \times ٣٦٥,٢٥٦٣٨} \quad \text{و}$$

$$\text{صـ صـَ} = ٢ \times ٢٣٣٠٠ \times \text{س} \quad \text{و}$$

$$\text{س} = ٦٣٧٧٣٩٨$$

وحينئذ يكون

$$\text{صـ ب} = ٢,٩٤٥ \text{ ملليمترا}$$

وحينئذ فكل جسم موضوع على بعد من مركز الشمس يساوى نصف قطر الارض ٢٣٣٠٠ مرة يقطع فى الثانية الاولى وهو واقع نحو الشمس مسافة قدرها ٢,٩٤٥ ملليمترا ومعلوم أيضا ان كل جسم معرض لتأثير التثاقل على سطح الارض يقطع فى مدة ثانية ٤,٩٠٤٤ مترا فاذا فرض ان الجسم موضوع على بعد من مركز الارض أكبر بقدر ٢٣٣٠٠ مرة تصير المسافة المقطوعة أصغر بقدر $٢٣٣٠٠^{٢}$ مرة ويكون

$$\frac{٤,٩٠٤٤}{٢٣٣٠٠^{٢}} = ٠,٠٠٠٠٠٠٩ \text{ ملليمترا}$$

والنسبة بين مجسم الشمس ومجسم الارض تبين بالمقدار

$$\frac{٢,٩٤٥}{٠,٠٠٠٠٠٠٩} = ٣٢٧٢٢٢$$

وقد توصلوا بطرق أضبط مما شرحناها الى ٣٥١٣٤١ وهو المتخذ اليوم بمعنى ان مجسم الشمس قدر مجسم الارض ٣٥١٣٤١ مرة

و ينتج مما ذكرناه انه اذا نسب الجذب على سطح الارض الى الجذب على سطح الشمس كان جذب الشمس مبينا بالمقدار

$$\frac{٣٥١٣٤١}{(١٠٨,٤)^{٢}} = ٢٩,٩$$

و ينتج من ذلك ان الجسم الذى يزن كيلوجراما واحدا على سطح الارض يزن ٢٩,٩ كيلوجراما على سطح الشمس

ومعلوم ان كثافة الجسم هى النسبة بين حجمه وحجمه فعلى ذلك اذا أخذت الكثافة المتوسطة للارض وحدة تكون كثافة الشمس مبينة بالمقدار

$$\frac{٣٥١٣٤١}{١٢٨٠٠٠٠} = ٠٫٢٧٤$$

وحيث ان الكثافة المتوسطة للارض ٥٫٤٨ بالنسبة للماء فتكون كثافة الشمس هى ١٫٤٨ وهذا أكثر بقليل من مادة الفحم الحجرى وأقل من كثافة حمض الازوتيك

# الفصل الثانى

## كلف الشمس — دوران الشمس حول نفسها

١٣٦ — استكشاف الكلف — سطح قرص الشمس شديد الضوء فلا يمكن رؤيته بدون واسطة ولذلك وضع الفلكيون على النظارات زجاجات سوداء أمكنهم بواسطتها فحص ذلك القرص ومعرفة ما فيه

فظهر من الارصاد أن قرص الشمس مكلل بنقط صغيرة سوداء على شكل غير منتظم تسمى كلفا أو بقعا واول استكشاف كان فى سنة ١٦١١ بواسطة الفلكى (جيان فابريكيوس) و (غليلى)

١٣٧ — حركة دوران الشمس — مدتها — قد توصلنا باستكشاف الكلف الى معرفة أمر مفيد جدا وهو ان الشمس لها حركة دورانية حول أحد أقطارها

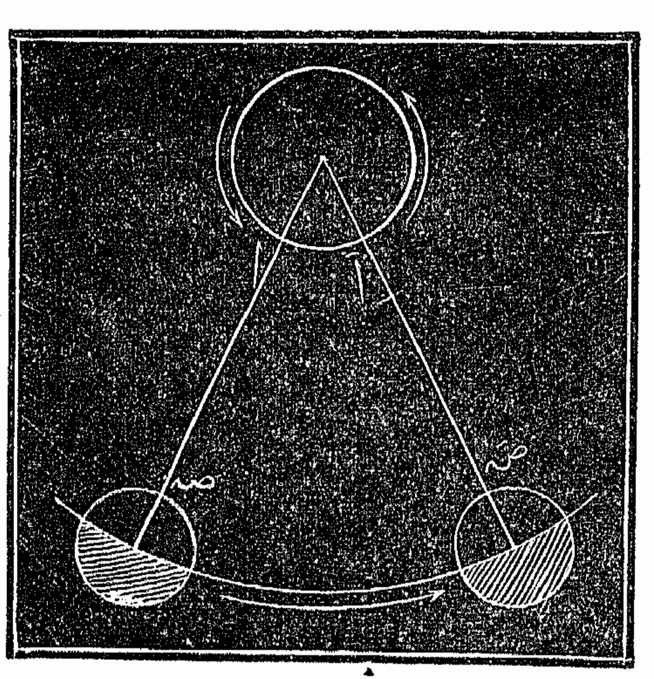
وذلك انه اذا رصدت بقعة فى لحظة ظهورها على حافة الشمس الشرقية نرى انها تنتقل شيأ فشيأ وتبعد عن الحافة المذكورة وتصل القسم المركزى ثم تقرب من الحافة الغربية وهناك تختفى ومثلها فى ذلك سائر البقع وتحصل تلك الحركة فى جهة واحدة وفى الغالب البقعة التى نظرت مارة على القرص بالكيفية المتقدمة تظهر بالثانى بعد زمن معلوم على الحافة التى كانت رصدت عليها فى المبدأ وترسم من جديد قوسا على القرص مساويا للذى رسمته أولا وكان يظن فى مبدأ الامر ان البقع هى أجسام صغيرة مظلمة تمر امام الشمس وقد بطل هذا الظن بمشاهدة تغير السرع الظاهرية لهذه الاجسام فان سرعة بقعة تكون صغيرة عند الحافة ثم تأخذ فى الازدياد الى المركز ثم تتناقص فى النصف الثانى من خط السير وباجراء جملة أقيسة مضبوطة تأكد ان سرعة البقع تتغير كما لو كانت منسوبة الى نقط تتحرك بانتظام على سطح كرة (أعنى ان السرعة الظاهرية تتغير بالنسبة الى الجيوب المعكوسة لاقواس الدوران)

وزيادة على ذلك فان استدامة وجود حركات جملة بقع على سطح الكوكب لا يجيز لنا فرض انها ناتجة عن أجسام مستقلة تتحرك على هذا السطح

ومن ذلك ينتج أن شكل الشمس الحقيقى كرة وانها تتحرك حركة منتظمة دورانية حول أحد أقطارها

وبرصد جملة بقع توصل الى تقدير مدة الدورة وتساوى ٢٥ يوما تقريبا (وهذا العدد بالنسبة للبقع التى تتحرك على دائرة المعدل الشمسية)

١٣٨ — تقدير مدة دورة الشمس — بين ظهورى بقعة على حافة واحدة من الشمس تمضى مدة قدرها ٢٧ يوما و ٤ ساعات تقريبا وهذه هى مدة الدورة الظاهرية لكن الدورة الحقيقية أقل من ذلك بيومين تقريبا وطريقة حساب ذلك أن نعتبر بقعة مثل ا (شكل ٥٥) فى اللحظة التى فيها تنطبق على مركز الشمس فيظهر لنا ان الدورة الكاملة تتم متى رجعت البقعة بعينها وشغلت النقطة المركزية بعينها وذلك بعد ٢٧ يوما و ٤ ساعات وحيث ان فى مدة هذا الزمن تنتقل الارض على مدارها فترسم قوسا من ص وضعها الاصلى الى صَ وضعها الجديد فلا ترسم البقعة محيطا كاملا فقط بل زيادة عليه القوس اَا وتكون فى الحقيقة قد اجرت زيادة عن دورة كاملة



ش ٥٥

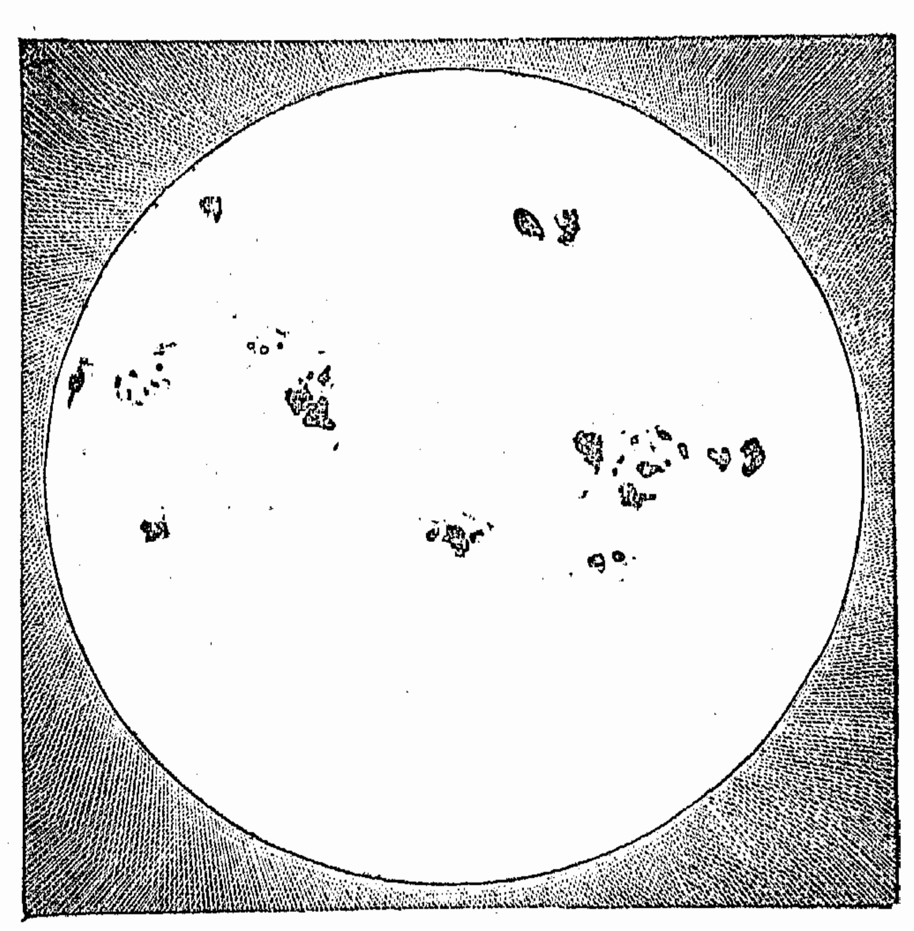
وبعبارة أخرى ان النقطة من سطح الشمس التى كانت مطابقة أولا لمركز القرص تبقى شرقى النقطة الجديدة المركزية اَ وحينئذ تزيد المدة الظاهرية للدورة عن المدة الحقيقية بالزمن الذى تقطع فيه البقعة القوس اَا وحيث انه بين رجوعى البقعة ا الى مركز الشمس تمضى مدة قدرها ٢٧,٥ يوما وان الارض فى ظرف هذه المدة تنتقل من ص الى صَ فنرى ان البقعة قد رسمت فى ظرف هذه المدة ٣٦٠° + ص صَ أو ٣٦٠° + اَا (وحيث ان الحساب هنا تقريبى يمكن فرض محور دوران الشمس عمودا على مستوى الدائرة الكسوفية)

وبفرض ١١َ معلوما والرمز بحرف س لمدة الدورة الحقيقية أو للزمن اللازم لان ترسم الشمس فيه ٣٦٠° يحدث

$$\frac{س}{٢٧٫٥} = \frac{٣٦٠}{٣٦٠ + ١١َ}$$

وحيث ان الارض تقطع ٣٦٠° من الدائرة الكسوفيـة في ٣٦٥٫٢٥٦٣٨ يوما شمسيا وسطيا فتقطع في ٢٧٫٥ يوماقوسا مساويا الى $\frac{٣٦٠ \times ٢٧٫٥}{٣٦٥٫٢٥٦٣٨}$ و بتعويض ١١َ بمقداره واجراء الحساب يوجد أن س = ١٤ ساعه و ٢٥ يوم أو ٢٥ يوما ونصف تقريبا

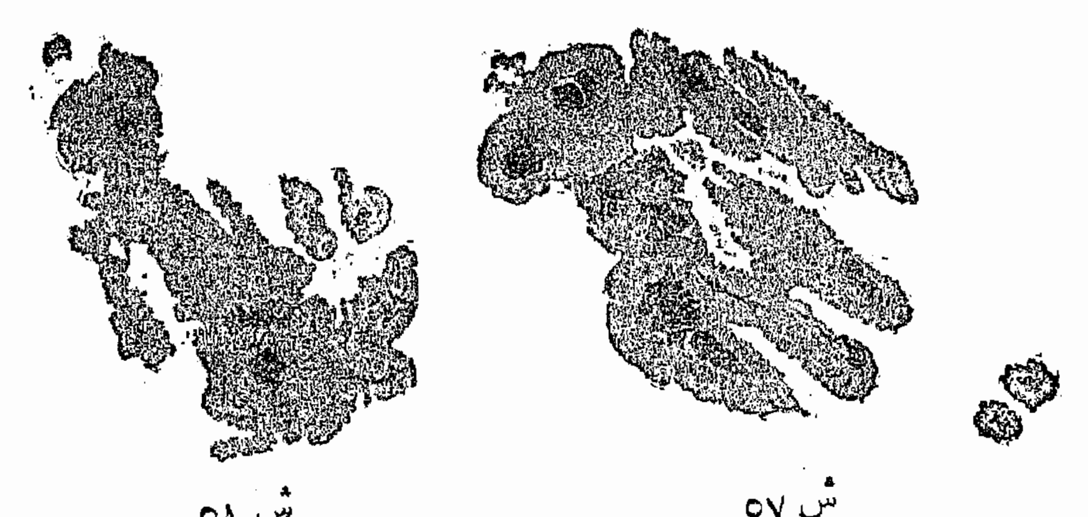
**١٣٩ — محل الكلف** — كلف الشمس لايظهر على جميع القرص فيوجد داخل منطقتين موضوعتين في جهتي دائرة المعدل الشمسية ولاتتجاوز اعرض ٤٥° (شكل ٥٦) ودائرة المعدل الشمسية مستويها يصنع زاوية قدرها ١٥َ ٧° مع الدائرة الكسوفية



ش ٥٦

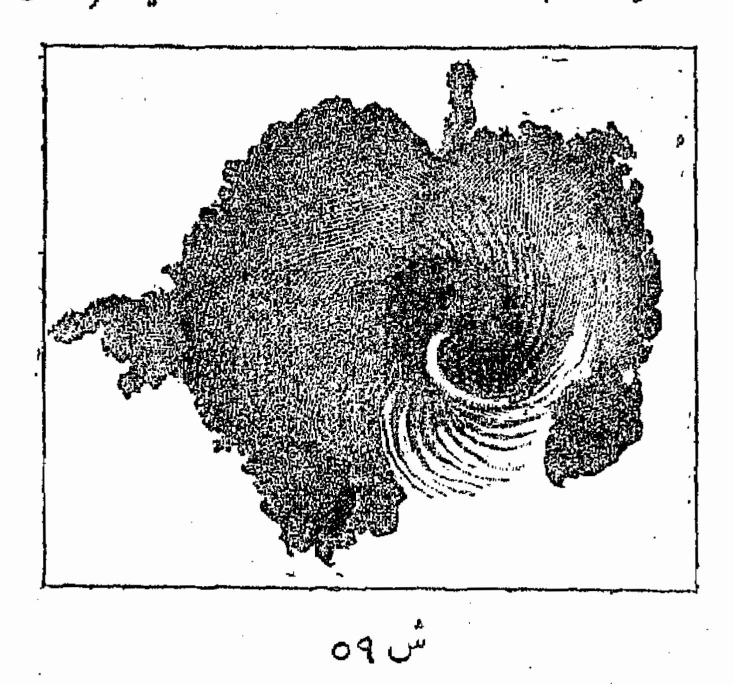
والبقع المكونة للكلف تتغير في الشكل والابعاد معا وأحيانا يكون القرص خاليا من الكلف بالكلية وفي أوقات أخرى تكون الكلفات كثيرة حتى يرى منها نحو ثمانين مرة واحدة وأغلب الكلفيات يظهر كنواة أو جملة نوايات سود محاطة بجزء سنجابي يسمى شبه الظل

(شكل ٥٧ وشكل ٥٨) وقد تشاهد أحيانا نوايات بدون شبه ظل وشبه ظل بدون نوايات



ش ٥٧ ش ٥٨

وحول شبه الظل يظهر سطح الشمس أكثر اضاءة وابهى من باقى القرص وشكل البقع تارة مستدير منتظم وتارة غير منتظم وتارة يكون لها منظر دوامة جسيمة (شكل ٥٩)



ش ٥٩

**١٤٠ — البقع هى انخفاضات فوتوسفيريه** — يسمى فوتوسفير السطح المنير الذى نرى عليه البقع وبحث الكيفية التى يتغير بها شكل بقعة ما فى مدة ظهورها يثبت كذا انها مثل تجاويف نواتها تكون القاع وشبه الظل يدل على الشوات

وفوق الفوتوسفير تمتد طبقة مستمرة يظهر أنها مكونة من غاز الايدروجين فى حالة الحرارة البيضا وتسمى هذه الطبقة كروموسفير (أو الكرة الغازية) وتظهر فى حالة اضطراب مستديم وتخرج منها أشعة على صورة لهب يكون أحيانا مرتفعا جدا وهذه الاشعة والشوات التى نظرت اول مرة عند الكسوف الكلى للشمس يمكن رصدها الآن كل يوم بواسطة الاسبكترسكوب

**١٤١ — فروضات على التركيب الطبيعي للشمس** — ظواهر كلف الشمس كانت باعثا بالجملة فروضات على التركيب الطبيعي للشمس ولايزال الفلكيون منقسمين فى الرأى بخصوص هذه المسئلة

فبناء على النظرية التى وضع مباديها المعلم (ولسون) تكون الشمس مكونة من نواة مظلمة نوعا محاطة بجو معتم غير منير بنفسه وهذا الجو محاط بطبقة غازية ملتهبة وهى ينبوع الضوء والحرارة للشمس

فاذا اعتبرنا هذا التركيب تكون ظواهر الكلف على الوجه الآتى وهو ان طفحات بركانية تنفذ من النواة المركزية وتحدث من زمن الى اخر ثقوبا فى الجوين فتنكشف النواة المظلمة وتظهر الجو المعتم على الجوانب وبهذا تظهر النواة السودا والغلاف السنجابى لشبه الظل والحوافى الكثيرة الاضاءة الحادثة من تراكم المادة على الحوافى الخارجية للفتحة

وقد غطى على هذا الفرض فى العصر الحالى الاكتشافات الجديدة والنظرية المنسوبة الى المعلم (فاى) وهذه النظرية هى

**١٤٢ — نظرية التكوين الطبيعي للشمس على رأى المعلم (فاى)** — المعلم (فاى) يقول ان الشمس بأكملها عبارة عن كرة غازية نواتها الكثيفة جدا موجودة فى درجة حرارة مرتفعة جدا والتبريد المتسبب من التشعع الخارجى يحول الطبقات العليا الى حالة درجة الحرارة البيضا التامة بخلاف النواة التى هى أشد حرارة فانها تبقى مظلمة وحمل العناصر الصلبة أو السائلة التى فى درجة الحرارة البيضا والتى تتراكم حينئذ على سطح الكوكب تكون الكرة الضوئيـة (الفوتوسفير) والابخرة التى تتصاعد منها والتى تحفظ درجة حرارتها البيضا بواسطة علو درجة حرارتها تكون الكروموسفير والنتوات وبالجملة فان التيارات الصاعدة والنازلة المنسوبة للسقوط المستديم للعناصر التى فى درجة الحرارة البيضا الاكثر كثافة من الطبقات الداخلية تحدث استضاآت فى المحيط الضوئى الخارجى ومن ذلك تحدث الكلفات التى هى ليست الاثقوبا فى هذا الغلاف والتى تظهر مظلمة لانه يظهر منها اجزاء من النواة أقل نورا

**١٤٣ — التكوين الكيماوى للشمس — الضوء والحرارة** — تحليل الطيف أظهر بعض المواد الكيماوية المتكونة منها كتلة الشمس وهى الصوديوم والمغنيسيوم والحديد والنيكل والكروم والمنجنيز والنحاس والزنك والباريوم ويوجد فى حالة أبخرة معدنيـة وأما الايدروجين فيوجد فيها بكثرة فى الطبقات الكروموسفيرية

وضوء الشمس الذى تبعثه لنا على سطح الارض يقول (اراجوا) انه أشد من ضوء ١٥٠٠٠ شمعة ويقول أيضا انه على حسب قوّة العمود الكهربائى المستعمل يوجد أن الضوء الكهربائى يختلف من خمس الى ربع ضوء الشمس

ويعنى بذلك شدة الانوار المسقطة على سطح السماء مثلا لا الاضاءة الكلية النسبية وأما مقارنة ضوء البدر بضوء الشمس فرأى (بوجى) ان ضوء الشمس يعدل ضوء البدر بقدر ٣٠٠٠٠٠ مرة ورأى (والستون) بقدر ٨٠٠٠٠٠ بمعنى انه يلزم ثمانمائة ألف بدر أو ثمانمائة ألف بدر فى السماء لاحداث نهار مضىء كنهار الشمس فى وقت صحو

---

# الباب الخامس
# في القمر

## الفصل الاول

### أشكال القمر — دورته النجمية ودورته الاقترانية

١٤٤ — القمر يصحب الارض في حركتها السنوية حول الشمس ويصنع حولها جملة دورات في مستو مائل على الدائرة الكسوفية بقدر خمس درجات تقريبا والمدار الذى يرسمه بهذه الكيفية قطع ناقص بؤرته مركز الكرة الارضية واختلاف مركزه $\frac{1}{18}$

وحركة القمر حول الارض تتضح بظاهرتين أصليتين هما أولا انتقال قرصه على القبة السماوية تدريجا وثانيا الظواهر الخصوصية لهذا القرص المعروفة باسم أشكال القمر أو أوجهه

وفي الحقيقة يشترك القمر في الحركة اليومية لكنه ينتقل كالشمس فيما بين النجوم وهذا الانتقال سريع بحيث يدرك ايلاء ويكفي لذلك تقدير بعد نجمة مّا مجاورة له عن الحافة التى هى أقرب اليها من القرص ففي قليل من الزمن يشاهد تغير هذا البعد ويتضح أن القمر ينتقل في السماء في اتجاه مضاد لاتجاه الحركة اليومية بالضبط

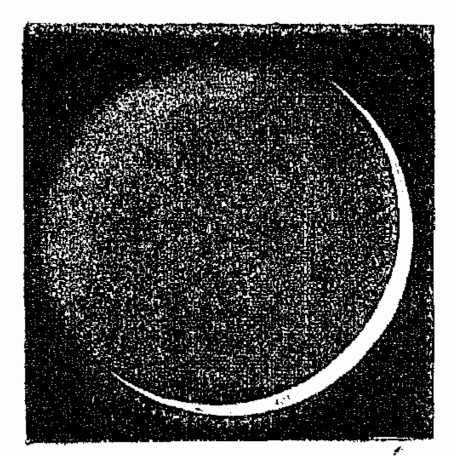
١٤٥ — الدورة النجمية والدورة الاقترانية — الحركة المتوسطة للقمر في الطول أعني انتقاله الزاوى المنسوب للدائرة الكسوفية ولنجمة معلومة مقداره ١٣° ١٠َ تقريبا في اليوم الوسطى وينتج من ذلك انه يستغرق ٢٧ يوما و ٨ ساعات الى أن يرجع الى نفس النجمة ويعطى لهذا الزمن اسم دورة نجمية

واذا قيس انتقال القمر بالنسبة لمركز الشمس التى لها حركة ظاهرية في جهة حركة القمر عوضا عن قياس هذا الانتقال في الطول بأخذ نجمة كنقطة أصل فان الزمن الذى يستغرقه القمر بين رجوعيه المتتاليين الى وضعه النسبي يزيد عن الزمن الاول بقدر يومين تقريبا أعني يزيد قليلا عن ٢٩٫٥ يوما وهذه هى الدورة الاقترانية وسنتكلم فيما سيأتى على أسباب هذا الفرق بين الزمنين وتقدير مددهما بالضبط

**١٤٦** — أشكال القمر — في مدة دورة اقترانية يأخذ البعد الزاوي لمركز القمر عن مركز الشمس مقدرا على الطول جميع المقادير من ٠° الى ٣٦٠° وفي هذه المدة يكون على وجه العموم قرصه المستدير مكونا من جزأين أحدهما مستنير والآخر مظلم وشكل هذين الجزأين ومقدارهما النسبي متغيردائما ومنهما تتكون الظواهر المعروفة باسم أشكال القمر وبيان ذلك انه متى لم يكن القمر منظورا لا ليلا ولا نهارا يقال انه في حالة المحاق أو الاقتران أو الاجتماع أو التوليد وسبب عدم رؤيته ان وضعه مجاور جدا في الظاهر للمحل الذي تشغله الشمس في السماء فيوجه نحو الارض نصف كرته المظلم المحجوب عن الاشعة الشمسية

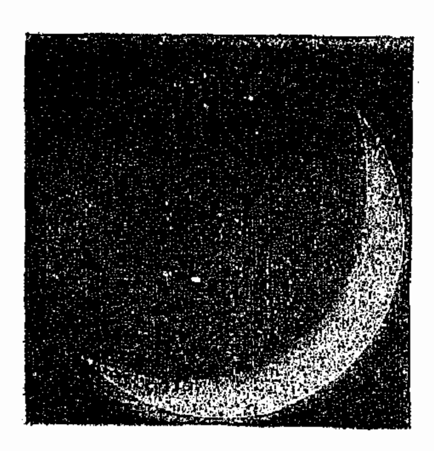
ويمكث خفاء القمر يومين أو ثلاثة أيام لكن لحظة الاقتران المضبوطة التي يستدل عليها من السنويات الفلكية تحصل متى كان للشمس والقمر طول واحد

وفي اليوم الثاني أو الثالث بعد تلك اللحظة (١) يظهر القمر ليلا بعد غروب الشمس بمدة قليلة على شكل هلال رفيع (شكل ٦٠) تحدبه نحو النقطة التي توجد فيها الشمس تحت الافق وبسبب الحركة اليومية يغرب القمر بعد قليل في الافق الغربي وفي اليوم التالي تحصل الحالة عينها غير أن الجزء المستنير يكون أعظم وحيث أن القمر يكون بعيدا عن الشمس أكثر من بعده عنها في اليوم السابق فيتأخر غروب القمر عن اليوم السابق وفي اليوم الرابع (شكل ٦١) بعد الاقتران يغرب بعد الشمس بثلاث ساعات وشكله بعد اليوم الرابع من الاجتماع يسمى التربيع الاول



الوجه الاول للقمر

ش ٦٠



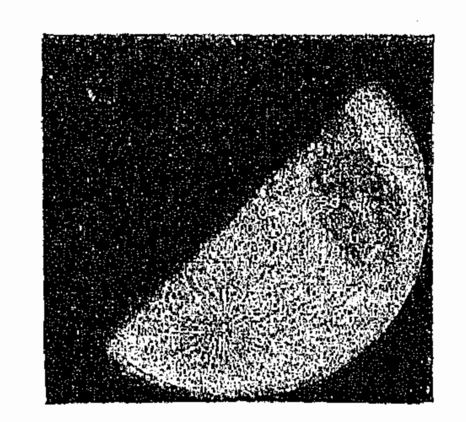
اليوم الرابع للقمر

ش ٦١

---

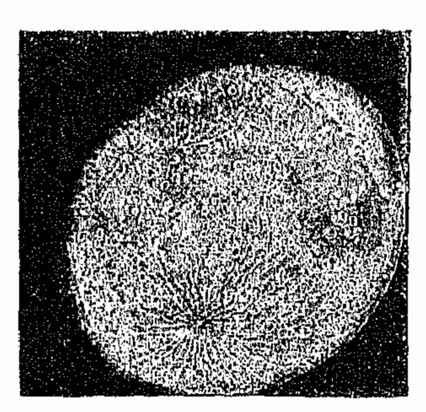
(١) هيفليوس يقول انه لم ير القمر الا بعد ٤٠ ساعة من الاقتران و ٢٧ ساعة قبله بحيث ان النهاية العظمى لمدة خفائه تكون ٦٧ ساعة وهذه المدة تختلف على حسب الاقاليم وعلى حسب عرض القمر

ثم ينمو الهلال شيأ فشيأ وبين اليوم السابع والثامن من لحظة الاجتماع يظهر لنا القمر على شكل نصف دائرة ويرى مدة فى النهار (شكل ٦٢) والحركة اليومية لاتأتى به فى مستوى الزوال الا بعد مرور الشمس به بستة ساعات تقريبا



القمر فى التربيع الاول

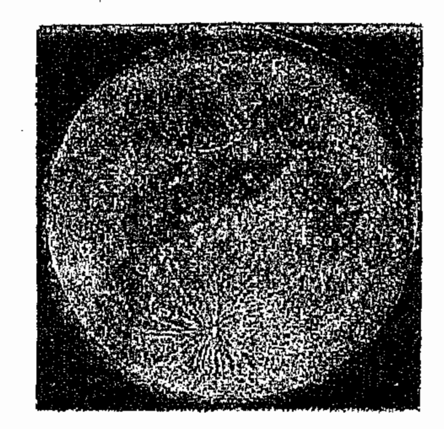
ش ٦٢



القمر بين التربيع الاول والبدر

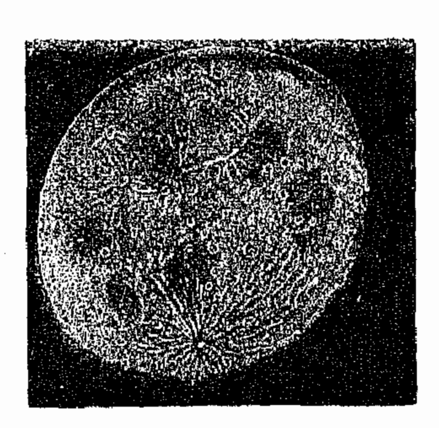
ش ٦٣

وبين التربيع الاوّل والبدر تمضى سبعة أيام أخر فى غضونها يقرب الجزء المستنير شيأ فشيأ من أن يصير دائرة تامة (شكل ٦٣) ويتأخر شروق وغروب القمر شيأ فشيأ فى مسافة هذه المدة مع كونه موجها دائما نحو الغرب الجزء العلوى من قرصه وبعد الاقتران بخمسة عشر يوما تقريبا يظهر لنا قرصه مستنيرا بأكمله (شكل ٦٤) وحينئذ تكون لحظة شروقه هى تقريبا لحظة غروب الشمس التى تشرق عند غروبه ومتى ارتقى القمر الى أعلى نقطة من سيره أعنى مرّ بمستوى الزوال يكون نصف الليل ووقتئذ تمرّ الشمس تحت الافق بمستوى الزوال الاسفل بحيث يكون القمر مقابلا للشمس بالضبط بالنسبة للارض



البـــدر

ش ٦٤

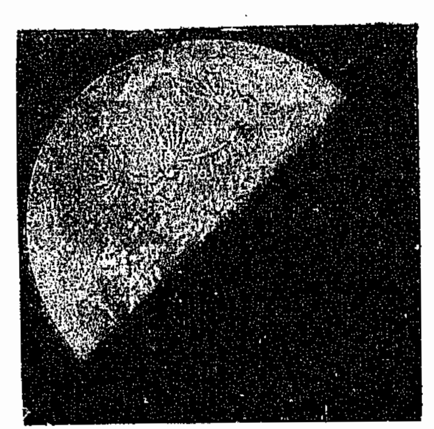


القمر بين البدر والتربيع الا...

ش ٦٥

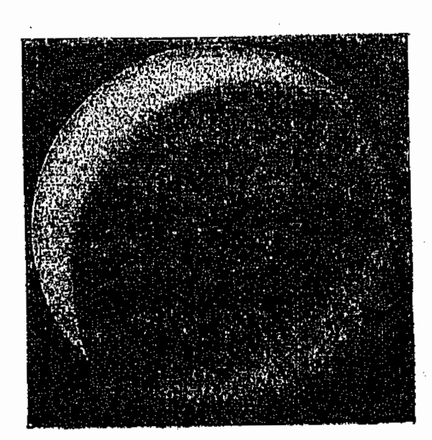
وبعد ذلك يتناقص على التوالى الشكل المستدير المستنير للقرص وينتهى بأن يظهر كما كان

في أول الامر على شكل هلال رفيع جدا تحدبه جهة الشرق بحيث يكون نصف الدائرة المحدد للجزء المستنير موجها دائما نحو الشمس وفي وسط المسافة التي تفصل البدر عن الزمن التالي له يكون للقمر شكل كالذي كان له في التربيع الاول غير انه موضوع بعكسه ويسمى التربيع الثاني أو الاخير وفي هذا الجزء الثاني من الزمن القمري يقرب الوضع الظاهري للقمر في السماء شيأ فشيأ من وضع الشمس وقريبا من الايام الاخيرة يسبق شروقها بمدة قليلة جدا حتى يدخل من جديد في أشعتها او يختفي ليعود قمرا جديدا (شكل ٦٥ و ٦٦ و ٦٧)



التربيع الاخير

ش ٦٦



القمر بين التربيع الاخير والاهلال

ش ٦٧

**١٤٧ — الضوء الرمادي —** قد قلنا أن الجزء المستضيء من القمر الذي تنيره الشمس مباشرة يتغير شكله في مدة الدورة الكاملة للقمر من ابتداء الهلال الرفيع المضيء والشكل الاخير الغاية الدائرة الكاملة التي يظهرها الكوكب في مستويه

وأما الجزء المظلم من هذا القرص فيظهر في بعض أشكاله ضوء ضعيف جدا يسمى الضوء الرمادي (شكل ٦٠) ويسهل رؤيته بالعين العارية وجميع العالم يمكنهم أن يروه قبل أو بعد المحاق ببعض أيام حيث يكون القمر وقتئذ هلالا وجميع جزء نصف الكرة الموجه نحونا والذي لم يتأثر بالاشعة الشمسية يرى مع ذلك متميزا بحيث يحدد الدائرة الكاملة للقرص

والضوء الرمادي يرى مادام الهلال ولا يختفي مطلقا قبل التربيع الاول ويرى بعد التربيع الاخير بقليل ولا يختفي الا باختفاء القمر وشدة الضوء الرمادي ربما تكفي في تمييز كلف القمر بالعين العارية

**١٤٨ — أسباب الضوء الرمادي —** قد كان الاقدمون من الفلكيين يعتبرون أن هذا الضوء ناتج من نوع تفصفر (١) لسطح مادة القمر لكن ذلك قد بطل اليوم وعلم أن الضوء الرمادي هو ضوء الارض منعكسا على القمر من الاجزاء المستضيئة منها

(١) التفصفر كناية عن وجود مادة فصفورية في القمر

وذلك أن الارض يجب أن ترى من القمر بالاشكال التى يرى بها القمر من الارض بالضبط لكن هذه الاشكال تكون بعكس أشكال القمر لان وقت المحاق توجه الارض جزءها المستنير بأكمله نحو نصف الكرة المظلم من القمر بحيث أن نصف الكرة المذكورة يتلقى بواسطة الانعكاس جميع الضوء الذى ترسله الشمس الى الكرة الارضية

وحيث أن السطح الظاهرى للكرة الارضية منظورا من القمر هو أكبر من قرص القمر بنحو ثلاثة عشر مرة تقريبا فيعلم أن ضوء الارض يجب ان يعطى لليالى القمر ضوءا أعظم مما يصل الينا من ضوء القمر وأجزاء نصف كرة الارض المستنير منظورة من القمر تكون مع ذلك قليلة كلما كان القمر بعيدا عن الوضع الذى يشغله فى وقت الاجتماع ومن ذا يعلم سبب عدم ظهور الضوء الرمادى بين التربيع الاول والاخير . وحينئذ فالضوء الرمادى ليس شيأ آخر سوى انعكاس ضوء الشمس المنبعث مرة أولى من الارض على القمر ثم مرة ثانية من القمر على الارض

---

## الفصـــــل الثـــانى

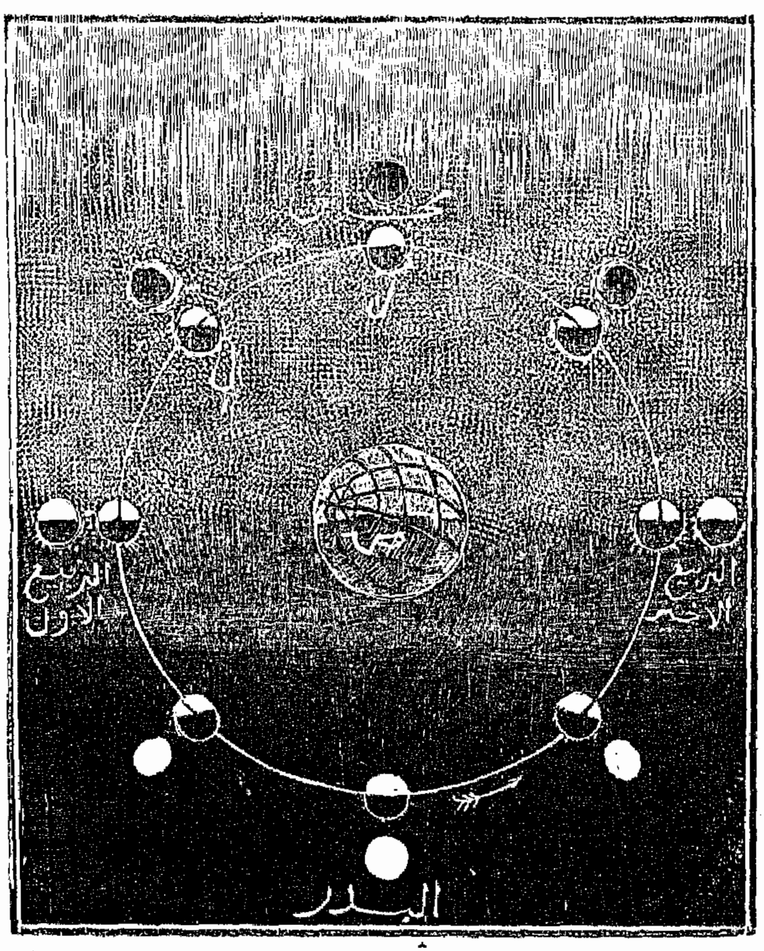
### مدار القمر — ايضاح أشكاله

**١٤٩** — تعيين مدار القمر — يمكن تعيين المدار الذى يرسمه القمر على القبة السماوية بالطريقة التى تعين بها المدار الظاهرى للشمس أعنى يقاس المطلع المستقيم والميل لمركز قرصه كل يوم ويعلم على كرة سماوية صناعية الوضع الذى يشغله ذلك المركز فيوجد ان هذه المدار يقرب من محيط دائرة عظمة ميلها المتوسط على الدائرة الكسوفية خمس درجات تقريبا

وتتضح أشكال القمر على الوجه الآتى وهو أن القمر جسم كروى تقريبا معتم غير مضىء بنفسه يتلقى ضوء الشمس ويعكسه الى الارض فاذا تقرر ذلك نفرض أن مداره منطبق على الدائرة الكسوفية وأن الارض تبقى غير متحركة بالنسبة للشمس وذلك مدة قطع القمر مداره حول الارض ثم نفرض أن الشمس على بعد من القمر به يمكن اعتبار أشعتها متوازية فى جميع أوضاع القمر (شكل ٦٨) فالذى يرى من القرص هو مسقط على مستوى يمر بمركز القمر وعمود على الخط الواصل بين مركز القمر ومركز الارض

فاذا كان صـ هى الارض و سـ هى الشمس الموجودة على بعد لانهائى وكان القمر فى ل فانه يوجه نحو الارض نصف كرته الغير مستضىء ويصير غير مرئى لنا وهذا هو المحاق أو الاقتران

ومتى صار في ل لا يرى لنا سوى شقة كروية ويرى القمر حينئذ بالشكل الهلالي وفي الاوضاع التالية تكبر الشقة الكروية شيأ فشيأ وفي التربيع الاول يرى نصف دائرة ثم بعد ذلك بشكل قرص يقرب شيأ فشيأ من دائرة تامة يستكملها متى صار مقابلا للشمس وهذا هو وقت البدر أو الاستقبال وفي النصف الآخر من مداره يأخذ نفس الظواهر بترتيب عكسي والحافة المستديرة التى كانت موجهة نحو الغرب في النصف الاول من الدورة ترى في النصف الثانى منها موجهة نحو الشرق



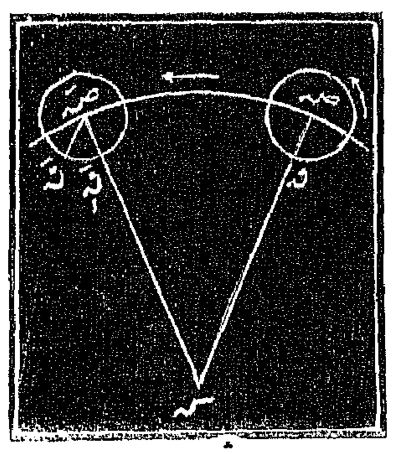

ش ٦٨

**١٥٠ - الدورة الاقترانية (الدائرية) - الدورة النجمية - فرق مدتهما** - الدورة الاقترانية وتسمى الحركة الدائرية أيضا هي المدة التى تمضي بين شكلين متتاليين من نوع واحد ولتقدير هذه المدة يعين وقتا خسوفين منفصلين بعدد عظيم من الدورات الاقترانية (وسيأتى ان الخسوفات تكون في لحظة البدر دائما) وتقسم المدة الكلية على عدد الدورات فتحصل المدة المتوسطة وهى

٢٩,٥٣٠٥٨٨ يوما أو ٢٩ يوم ١٢ س ٤٤ د ٢,٩ ث

والدورة النجمية هي المدة التي تمضي بين رجوعين متتاليين للقمر الى نجمة واحدة وهي أصغر من مدة الدورة الاقترانية

وسبب عدم تساوي المدتين هو كون الارض ليست ثابتة فهي تنتقل حول الشمس بينما يدور القمر حولها وهذا الامر ينتج فرقا بين المدتين ولنفرض أن القمر في الاقتران فيكون مركزه ومركز الارض ومركز الشمس في مستو واحد عمودي على الدائرة الكسوفية والخط ص ق (شكل ٦٩) يقابل الكرة السماوية في نقطة تعلم بنجمة فتى تمت الدورة النجمية للقمر فان نصف القطر البوري صَ قَ الواصل بين مركزي القمر والارض يتجه ثانيا الى النجمة المعلومة ويصير اتجاهه موازيا لنصف القطر البوري ص ق لكن لا يكون القمر حينئذ في الاقتران حيث ان الارض في هذه المدة قد انتقلت من ص الى صَ ولكي يصير فيه يلزم ان يرسم في فلكه قوسا سعته كسعة القوس ص صَ



ش ٦٩

ومن ذا يتبين ان مدة الدورة الاقترانية تزيد عن مدة الدورة النجمية ولتقدير الفرق بينهما نعين مدة الدورة النجمية أولا ولذلك نرمز لها بالحرف س ونفرض أن ص صَ = ١ هو القوس الذي ترسمه الارض مدة الدورة النجمية فيتحصل

$$\frac{٣٦٠}{٣٦٠+١} = \frac{س}{٢٩٫٥٣٠٥٨٨}$$

ومنه

س = ٢٧٫٣٢١٦٦١ يوما شمسيا وسطيا أو س = ٢٧ي ٧س ٤٣د ١١٫٥ث

ويكون الفرق بين المدتين ٢ي ٥س تقريبا

وبقسمة ٣٦٠° على مدة الدورة تتحصل السرعة المتوسطة للقمر أو حركته اليومية المتوسطة والمقدار المتوسط للقوس الذي يرسمه القمر فيما بين النجوم هو ١٣° ١٠َ ٣٥ً فحركته أسرع من حركة الشمس بقدر ثلاث عشرة مرة تقريبا

**١٥١ — الشكل الناقصي لمدار القمر** — خط السير الظاهري للقمر على القبة السماوية يقرب من محيط دائرة عظيمة كما ذكرنا ومن ذا نستدل على ان شكل المدار مستو تقريبا ولكن للحصول على الشكل الحقيقي للمدار المذكور يقاس القطر الظاهري للقمر مرارا في مدة دورة نجمية فتغيرات القطر المذكور تدل على التغيرات العكسية لبعد القمر عن الارض

فى الاوضاع المتتالية وعلى النسبة بين هذه الابعاد فاذا أخذ على كل نصف قطر بورى وفى الاتجاه الدال على وضع القمر على القبة السماوية طول مناسب للبعد المطابق ثم وصلت نهايات انصاف الاقطار المذكورة بخط مستمر تحصل منحنى مشابه لمدار القمر وهو منحنى قطع ناقص يشغل مركز الارض احدى بورتيه

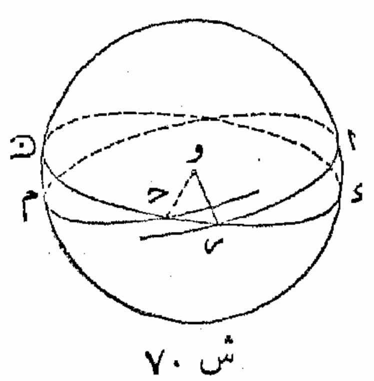
وفى نهايتى المحور الاكبر يصير القمر فى أكبر وأصغر بعد له عن الارض أعنى يكون فى الاوج وفى الحضيض فاذا بينا البعد المتوسط بالوحدة فبعده الاوجى يصير مقداره ١٫٠٥٥ والحضيضى ٠٫٩٤٥ تقريبا

ومركز الارض الذى يشغل احدى بورتى القطع الناقص يكون على بعد من مركز المنحنى مبين بالمقدار ٠٫٠٥٥ . ويرى أن اختلاف مركز مدار القمر يزيد عن ثلاثة أمثال اختلاف مركز مدار الارض

ومستوى مدار القمر لا ينطبق على مستوى الدائرة الكسوفية بل يصنع معه زاوية ثابتة تقريبا مقدارها ٥° ٨َ ٤٨ً وخط تقاطع المستويين يسمى خط العقدتين والعقدتان هما الوضعان اللذان يشغلهما القمر على مداره متى وجد مركزه مرتين بواسطة الدورة فى مستوى الدائرة الكسوفية

فعقدة الصعود هى التى تطابق مرور القمر من نصف الكرة السماوية الجنوبى الى نصفها الشمالى بالنسبة للدائرة الكسوفية والعقدة الاخرى تسمى عقدة النزول

**١٥٣ — تقهقر العقدتين — حركة الحضيض —** عقدتا مدار القمر لا تحفظان وضعا واحدا على الدائرة الكسوفية بل تنتقلان دائما القهقرى أعنى فى جهة مضادة لجهة حركة القمر على مداره من ر نحو ح (شكل ٧٠) وحركة العقدتين هذه تشابه تقهقر نقطتى الاعتدال غير انها أسرع منها لان العقدتين تتمان الدورة الكاملة أى تقطعان الدائرة الكسوفية فى ١٨ ⅔ سنة

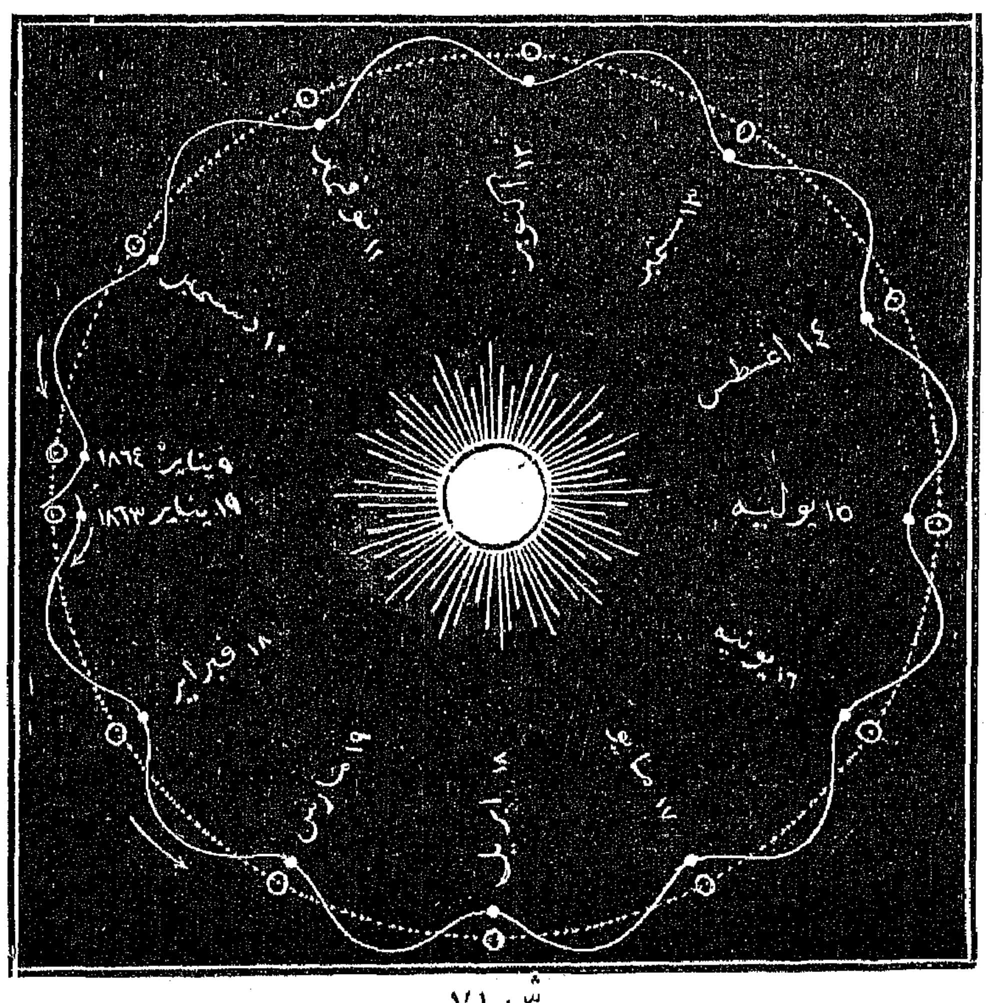


ش ٧٠

والمحور الاكبر للقطع الناقص للقمر لا يحفظ كذلك وضعا واحدا فى مستويه بل يدور فى هذا المستوى فى جهة حركة القمر بحيث يتم الدورة فى ٣٢٣٢ يوما ونصف أو ٩ سنين تقريبا والحركات التى تكلمنا عليها وخلافها مما هو مؤثر فى حركة القمر منسوبة للتأثير المركب من كل من جذبى الشمس والارض

والاضطرابات الحاصلة فى حركة القمر تغير الشكل الناقصى لمداره تغيرا ظاهرا جدا وفى الحقيقة هذا المدار ليس منحنيا مقفلا ولا منحنيا مستويا

**١٥٣ — تعرج خط سير القمر —** قد بينا شكل مدار القمر بفرض الارض غير متحركة لكن اذا بحثنا عن الخط الذى يرسمه القمر فى الفراغ فى مسافة سنة مثلا يوجد خط يختلف عن القطع الناقص اختلافا عظيما لان حركة القمر التى مارسناها الغاية الآن حركة نسبية وحركته الحقيقية فى الفراغ هى اجتماع هذه الحركة النسبية مع حركة الارض حول الشمس وباعتبار هاتين الحركتين الآتيتين يوجدان المدار السنوى للقمر هو منحن معرج (شكل ٧١) ويرى انه مركب من اثنى عشر تعريجة كل واحدة منها تحتوى على قوس من داخل مدار الارض وقوس من خارجه وهو نوع مخصوص من الابيسكلويد




ش ٧١

وفى الشكل يظهر مدار القمر تارة محدبا وتارة مقعرا نحو الشمس وهو ليس منحنيا مستويا لان مستويه يغير وضعه وميله دائما على مستوى الدائرة الكسوفية

# الفصـــــل الثـالث

## بعد القمر عن الارض ـ حجم القمر ـ مجسم القمر

١٥٤ ـ اختلاف منظر القمر ـ بواسطة اجراء رصدين فى آن واحد بمحلين أرضيين كائنين على خط جانبى واحد متباعدين كثيرا يتحصل كما سبق على اختلاف المنظر الافقى للقمر وقد وجد لاختلاف المنظر الافقى الاستوائى أعنى المنسوب لنصف قطر خط الاستواء الارضى المقدار ٠٫٤ً ٥٧َ باعتبار البعد المتوسط للكوكبين وأما الاقيسة الجديدة فثبتت مقداره على ٢٫٧ً ٥٧َ واذا اجريت الطريقة التى ذكرت فيما تقدم لتعيين بعد الشمس عن الارض يوجد ان البعد المتوسط لمركز القمر عن مركز الارض يساوى نصف قطر خط الاستواء الارضى ٦٠٫٢٧٣ مرة والبعد الاعظم للقمر عن الارض يساوى نصف قطر خط الاستواء الارضى ٦٣٫٥٨٣ مرة وفى وقت الحضيض يكون بعده عنها يساوى نصف قطر خط الاستواء الارضى ٥٦٫٩٦٤ مرة

وانفراد المدار الناقصى الذى يرسمه القمر حول الارض بفرضها ثابتة يساوى ٢٤٠٠٠٠٠ كيلومترا تقريبا والسرعة التى بها يقطع هذا المدار تتغير على حسب بعده عن الارض ومقدارها المتوسط هو ١٠٢٢ مترا فى الثانية

١٥٥ ـ نصف القطر الظاهرى للقمر منظورا من الارض ـ هو فى المتوسط ٣ً ٤ ١٥َ أو ٩٤٣ً والقطر الظاهرى للارض منظورة من القمر (اختلاف المنظر الافقى) هو ٥٧َ أو ٣٤٢٠ً فاذا رمز بالحرف نق لنصف قطر الارض وبالحرف س لنصف قطر القمر يتحصل

$$\frac{س}{نق} = \frac{٩٤٣}{٣٤٢٠} = ٠٫٢٧$$

ويمكن ان يقال ان قطر القمر يساوى $\frac{٣}{١١}$ من قطر الارض

ومن ذلك تستخرج نسبة السطوح وتساوى $\frac{٣^٢}{١١^٢} = \frac{١}{١٤}$ تقريبا ونسبة الاحجام وهى $\frac{٣^٣}{١١^٣} = \frac{١}{٥٠}$ تقريبا

وأما النسبة بين الجسمين فتساوى $\frac{١}{٧٥}$

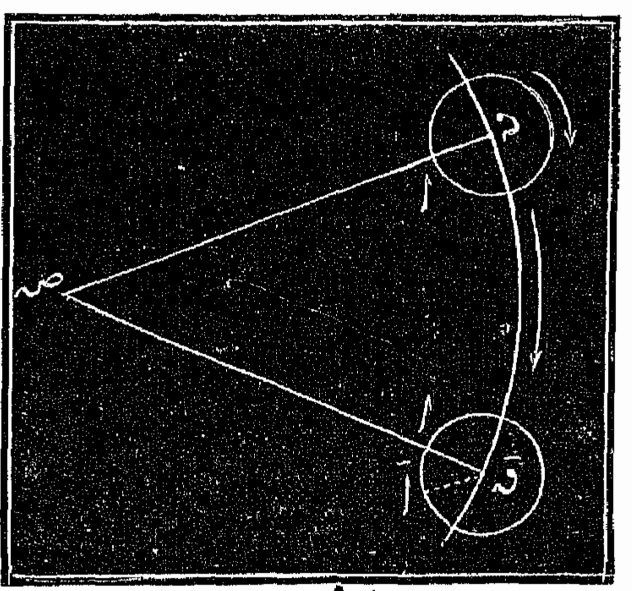
# الفصــــل الرابــــع

## كلف القمر — الحركة الدورانية

١٥٦ — كلف القمر — متى كان القمر مستضيئاً بالاشعة الشمسية يظهر على سطح قرصه جملة بقع سحابية اللون ترى بغير آلات وباختبار هذه البقع بالنظارات ترى الواحدة منها بقعاً كثيرة أصغر منها وشكلها مستدير او بيضاوى وننبه على ان كلفات القمر مستديمة ليست عرضة مثل كلفات الشمس الى تغيرات فى المنظر والشكل أو فى الوضع النسبى

ولذلك لا يوجه القمر نحو الارض الا نصفا واحدا منه والكلفات التى ترى لا تزال بعينها فى مدة انتقالاته المتتالية الا ما ينشأ عن الذبذبات التى سنتكلم عليها

١٥٧ — الحركة الدورانية للقمر — ينتج من عدم تغير وضع كرة القمر بالنسبة للارض أولا ان للقمر غير حركته الانتقالية حول الارض حركة دورانية حول أحد أقطاره ثانيا ان مدة هذه الدورة التى تحصل فى الجهة الطردية مساوية لمدة الحركة الانتقالية النجمية ولاثبات هاتين القضيتين نقول اذا لم يكن للقمر فى مدة قطعه القوس ن نَ (شكل ٧٢) من مداره أدنى حركة دورانية فان نصف القطر ن ا المتجه من مركزه الى مركز الارض يبقى موازيا لاتجاهه الاول ويأخذ الوضع نَ اَ ووقتئذ الكلفة ا التى تسقط فى ن على مركز القرص ترى فى اَ شرقى ذلك المركز لكن الارصاد تبرهن على انها تبقى منظورة فى النقطة ا من القرص

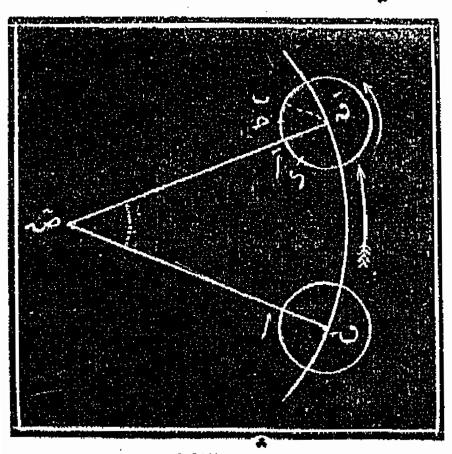


ش ٧٢

بعينها ويلزم من ذلك أن يكون نصف القطر نَ ا قد دار بزاوية اَ نَ ا = نَ ص ن أعنى بعدد من الدرج يساوى الدرج الذى يقدر به القوس المرسوم على المدار بالضبط ومتى تمت الدورة الانتقالية النجمية للقمر يرجع نصف القطر البورى ص ن الى اتجاهه الاول وكذا يحصل لنصف قطر القمر ن ا وحركة دوران القمر حول محوره تصير كاملة بحيث ان مدتها تكون مساوية بالضبط لمدة الدورة النجمية للقمر أو الى ٢٧ ي ٧ س ٤٣ د وجهة الحركة الدورانية للقمر هى عين جهة الحركة الانتقالية وهى طردية مثلها أعنى انها تكون من الغرب الى الشرق

١٥٨ - تساوى مدتى الحركة الدورانية والحركة الانتقالية النجمية - حركة دوران القمر حول نفسه منتظمة وهى ليست مثل الحركة الانتقالية التى لما كانت حاصلة على مدار ناقصى تكون تابعة لقانون المسايح وحينئذ فتساوى حركتين انتقالية ودورانية كاملتين لا يقع فى أثناء الحركتين بل يقع بالنسبة للمدتين بأكملهما وبخلاف ذلك اذا وجد فرق بين المدتين فى جهة واحدة دائما فان هذا الفرق ولو كان صغيرا جدا يتجمع بتتالى الدورات ويصير محسوسا على طول الزمن وينتهى القمر شيأ فشيأ بأن يوجه جميع أوجهه للارض وهو مخالف للارصاد

١٥٩ - ذبذبة القمر - الزوايا التى مثل ں ص ں َ التى يرسمها القمر حول الارض فى الازمان المتساوية ليست متساوية لان القمر يتحرك حول الارض بالمطابقة لقانون المسايح وحركته الزاوية حول مركز الارض تزيد سرعتها وتقل على حسب كبر بعده عنها وصغره وأما حركة دورانه حول محوره فهى بالعكس منتظمة كحركة الارض حول محورها وحينئذ يستحيل وجود تساو مستديم بين الزاوية التى يدور بها القمر حول نفسه وبين التى يرسمها حول الارض فى آن واحد ومن جهة أخرى قد دلت الارصاد على أن القمر دائما يوجه نحو الارض نصفا واحدا من سطحه وحينئذ فيلزم ان يوجد فى المتوسط تساو تام بين السرعة الزاوية للقمر حول نفسه وسرعته الزاوية حول الارض لكن هذا التساوى الذى يحصل فى المتوسط لا يحصل فى كل لحظة لان السرعة الزاوية للقمر حول الارض تارة تكون أكبر من السرعة الثابتة التى يدور بها حول محوره وتارة أصغر منها وينتج من ذلك أن هذه الحركة الاخيرة التى بسببها تميل دائما الكلفة المركزية للقرص لان تعود الى الوضع الظاهرى بعينه توجد تارة متأخرة وتارة متقدمة على الحركة الانتقالية للقمر حول الارض بحيث ان هذه الكلفة التى كانت نظرت فى ا (شكل ٧٣) حينما كان القمر فى ں توجد على جانب النقطة اَ قليلا فى حـ أو فى ء عوضا عن وجودها فى اَ نفسها حينما ينتقل القمر الى ںَ

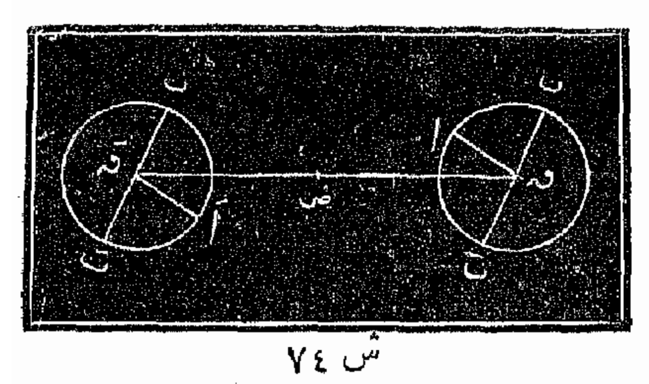


ش ٧٣

ومن كون الحركة الدورانية للقمر حول نفسه منتظمة وان حركته الزاوية حول الارض ليست منتظمة يرى أن الكلفة المركزية لقرصه يلزم ان تظهر تارة فى جهة من مركز القرص وتارة فى الجهة الاخرى ويظهر انها تتحرك حركة اهتزازية تشترك فيها باقى الكائنات المجاورة لها وهذه

الحركة هي المسماة بالذبذبة في جهة الطول وسبب هذه التسمية ناشئ من كون هذه الحركة حاصلة في اتجاه مستوى مدار القمر وهو تقريبا اتجاه الدائرة الكسوفية التي عليها تحسب الاطوال

١٦٠ — الذبذبة في العرض — محور دوران القمر عوضا عن ان يكون عموديا بالضبط على مستوى مداره يميل قليلا عليه فينتقل موازيا لنفسه صانعا مع العمودي على مستوى المدار زاوية قدرها ٦° ٣٧َ تقريبا ويسهل مشاهدة كون هذه الحالة وحدها كافية لاحداث ذبذبة في الكلفات بأن نعتبر القمر في وضعين متقابلين على قطر واحد على مداره في ق و قَ (شكل ٧٤) فيرى انه حينما يكون القمر في ق لا يمكن رؤية قطبه ب ويرى بدون مشقة القطب المقابل بَ وانه حينما يأتي

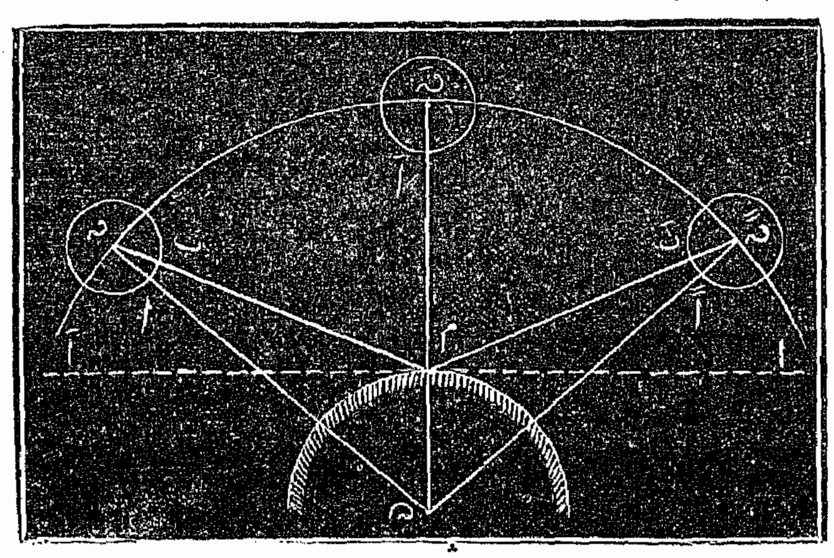



ش ٧٤

في قَ يصير القطب ب منظورا والقطب بَ مختفيا ونقطة اَ مثلا من دائرة المعدل القمرية التي كانت ظاهرة في الوضع الاول فوق مركز القرص تصير في اَ تحت مركز القرص متى صنع القمر نصف دورة حول الارض وصار في قَ ويكون قد صنع نصف دورة حول محوره ب بَ تقريبا ولذا يجب ان تؤدي كلفات سطحه حركة اهتزازية في اتجاه عمودي على مستوى المدار أعني عمودي على مستوى الدائرة الكسوفية تقريبا ولذا سميت هذه الحركة بالذبذبة في جهة العرض

١٦١ — الذبذبة اليومية — اذا لم يوجد الذبذبتان اللتان تكلمنا عنهما فيما سبق بقي أحد انصاف اقطار القمر متجها دائما نحو مركز الارض ويرى الراصد الموجود في هذه النقطة طرف نصف القطر المذكور شاغلا مركز قرص القمر دائما لكن للراصد الموجود على سطح الارض لا يكون الامر كذلك ولنفرض لاجل السهولة ان القمر بسبب الحركة اليومية يمر بسمت نقطة م (شكل ٧٥) التي يرصد هو منها ففي الاوقات المختلفة من اليوم يجب ان يظهر له نصف القطر ق ا الذي نفرضه متجها دائما نحو مركز الارض ض آخذا على التعاقب أوضاعا مختلفة مثل ق ا و قَ اَ و قً اً وحينما يكون القمر في ق بعد شروقه بمدة قليلة تظهر نقطة ا شرقي المركز ب قليلا وحينما يكون القمر في السمت قَ تظهر هذه النقطة في اَ مركز القرص وحينما يصير في قً قبل غروبه بقليل تظهر

النقطة بعينها فى أً غربى المركز بً قليلا وتظهر النقطة ا حينئذ تتذبذب كل يوم فى جهتى وضعها المتوسط وتشترك سائر كلفات القمر فى هذه الذبذبة فى أى وضع كان الراصد وهذه هى الذبذبة اليومية



ش ٧٥

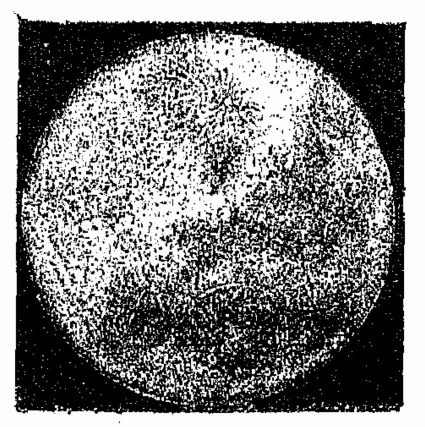
١٦٣ — الشهر القمرى والسنة العربية — مدة الحركة الدائرية التى عرفناها تعادل ٤٤ د ١٢ س ٢٩ ي تسمى شهرا ومبدأه أول وجود الهلال بعد المحاق والسنة العربية هى اثنى عشر شهرا قمريا وهاك أسماؤها وعدد أيامها

| عدد الايام | أسماء الاشهر | عدد الايام | أسماء الاشهر | عدد الايام | أسماء الاشهر |
|---|---|---|---|---|---|
| ٣٠ | رمضان . . . | ٣٠ | جمادى الاولى | ٣٠ | محرّم . . . . |
| ٢٩ | شوّال . . . | ٢٩ | جمادى الثانية | ٢٩ | صفر . . . . |
| ٣٠ | ذوالقعده . . | ٣٠ | رجب . . . . | ٣٠ | ربيع أول . . |
| ٢٩ | ذوالحجه . . . | ٢٩ | شعبان . . . | ٢٩ | ربيع الثانى . |

وحاصل جمع هذه الاعداد المساوى ٣٥٤ يوما هو السنة العربية وهو يساوى حاصل ضرب أيام الشهر القمرى بصرف النظر عن الدقائق فى عدد أشهر السنة أى يساوى ١٢ س ٢٩ ي ×١٢ وتكون السنة ناقصة عن مقدارها الحقيقى بقدر حاصل ضرب ٤٤ د × ١٢ = ٥٢٨ وهذا العدد يصير ١١ يوما فى كل ٣٠ سنة ولذلك اتفق علماء العرب لاكمال السنة على ان يجعلوا فى كل ٣٠ سنة من ابتداء السنة الهجرية ١١ سنة مركبة من ٣٥٥ يوما وسموها بالسنين

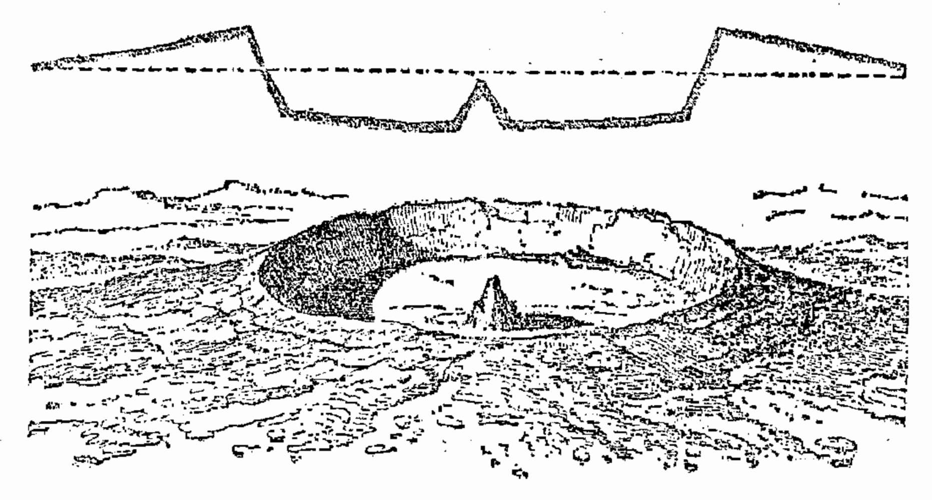
الكبيسة وكانوا يضيفون اليوم الزائد الى شهر ذى الحجة والتسعة عشر سنة الاخرى تبقى ٣٥٤ يوما وتسمى بسيطة والسنين الكبيسة فى مدة كل ٣٠ سنة هى السنين ٢ و ٥ و ٧ و ١٠ و ١٣ و ١٥ و ١٨ و ٢١ و ٢٤ و ٢٦ و ٢٩ ولمعرفة السنين البسيطة والكبيسة نقسم عدد سنين التاريخ على ٣٠ فان بقى باق يساوى أحد الاعداد تكون السنة المطلوبة كبيسة والا فبسيطة مثلا سنة ١٣٠٧ هى بسيطة لان بقسمة ١٣٠٧ على ٣٠ يبقى ١٧ فهى اذن بسيطة

١٦٣ — فى التركيب الطبيعى للقمر — اذا رصد القمر وقت ما يكون بدرا بنظارة عظيمة يرى عليه عدد كبير جدا من الكلفات الصغيرة شكلها حلقى (شكل ٧٦) ومحيطات النقط اللامعة لاترى حينئذ واضحة لكن اذا اجرى الرصد فى التربيع الاوّل أو الاخير يظهر الجزء المستنير مرصعا بتجاويف محاطة بسور مستدير يرى ظلا وراءه وهذه جبال ذات صفات بركانية بالكلية وعلى العموم تنتهى هذه الجبال من أعلى بفوهة مستديرة قطرها عظيم يبلغ ١٥ فرسخا وعمق التجاويف يزيد كثيرا عن الارتفاع الخارجى



ش ٧٦

للفوهة عن سطح القمر وفى بعض الاحوال يصل الفرق الى ٧٠٠٠ أو ٨٠٠٠ مترا والقاع سهل مستو من مركزه ترتفع ربوة مخروطية ذات ميل واقف وعلى جميع الخط الفاصل بين الظل والنور يظهر داخل التجاويف الحلقية أسود بالكلية ويرى أيضا رؤس بشكل نقط لامعة مرتفعة تستضىء بالاشعة الشمسية (شكل ٧٧)



ش ٧٧

١٦٤ — ارتفاع جبال القمر — بعمل جملة أقيسة مكرومترية توصل لتعيين ارتفاع الجبال الشهيرة من القمر وقد وجد ٢٢ جبلا ارتفاعها يزيد عن ٤٨٠٠ مترا (ارتفاع الجبل الابيض) وهاك جدولا ببيان أسماء الجبال الشهيرة وارتفاعاتها

| أسماء الجبال | أمتار | أسماء الجبال | أمتار |
|---|---|---|---|
| دورفيل .... | ٧٦٠٣ | كوربتوس ... | ٦٧٦٩ |
| نوتون ...... | ٧٢٦٤ | اوجينس .... | ٥٥٠٠ |
| كاساتوس ... | ٦٩٥٦ | تيخو ....... | ٦١٥١ |

١٦٥ — عدم وجود جوّ وماء على سطح القمر — ليس للقمر جوّ ويتضح ذلك بكسوف النجوم فانه متى مرت احدى النجوم خلف الحافة المظلمة لقرص القمر بسبب حركته الخاصة بين الصور السماوية فانها تنطفئ بغتة بدون أن يحصل فى ضوئها نقص تدريجى يكون ناشئا عن توسط ظرف غازى وتشاهد هذه الحالة للنجوم الصغيرة كما تشاهد للنجوم الكبيرة فى مدة خسوف القمر وفضلا عن ذلك اذا كان يحيط بكرة القمر جوّ فهما كانت قلة كثافته لابد وان يكون عاكسا فالنجمة بعد أن تختفى حقيقة خلف القرص لاتزال باقية منظورة لحظة وكذلك ترى لحظة قبل خروجها بحيث أن مدة حادثة الكسوف لهذين السببين تصير أقل من المدة التى تتعين بالحساب مع ان ذلك غير الواقع

وحيث ثبت ان القمر ليس له جوّ فلا يمكن أن يكون على سطحه بحار ولا نوع سائل مّا لانه من المعلوم ان الموائع تتبخر حالا فى الفراغ لان ضغط الجوّ هو الذى يحفظ المياه على سطح الارض وهو الذى يمنعها من التبخر فاذا كان هنالك مياه على سطح القمر لتبخرت حالا ونشأ من ذلك وجود جوّ وقد ثبت بطلانه

وحيث انه لا توجد موائع ولا غازات على سطح القمر فلا يمكن أن يتصوّر وجود نباتات أو حيوانات من أى نوع كان وحينئذ فالغالب ان القمر غير مسكون

ثم انه وان كان القمر خاليا من الجوّ لكن لا يستحيل وجود بعض غازات داخل التجاويف العظيمة التى توجد على سطحه

# الفصـــــل الخامس

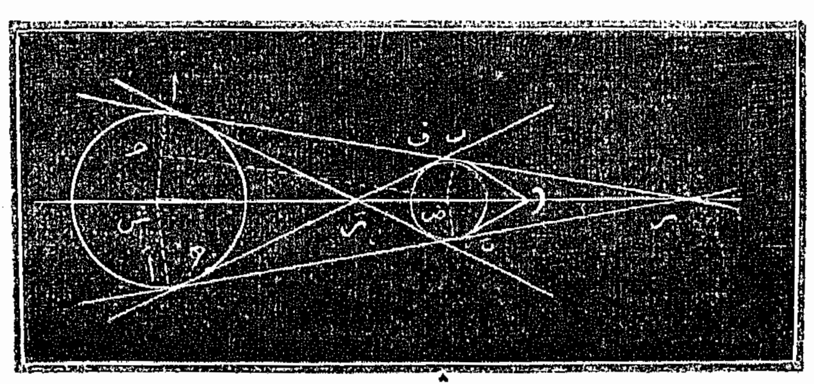
## كسوف الشمس ـ خسوف القمـــــر

**١٦٦** ـ كسوف الشمس وخسوف القمر ـ فى وقت المحاق أعنى وقت وجود القمر بين الشمس والارض يفقد قرص الشمس أحيانا شكله المستدير فيتقور من جهة و .اد التقوير على التوالى ثم تأخذ فى النقص ويرجع القرص الى شكله المعتاد وأحيانا يغطى القرص بتمامه ولا يرى مدة دقائق وأحيانا يغطى جزء مركزى منه ولا يرى سوى حلقة مضيئة وهذه الظواهر التى مدتها قصيرة تسمى كسوف الشمس وكذلك يظهر القمر أحيانا بأشكال مشابهة لهذه وقت ما يكون بدرا حينما تكون الارض بين الشمس والقمر

**١٦٧** ـ خسوف القمر ـ الارض جسم معتم نصفها مظلم دائما وفى حركتها حول الشمس ترمى وراءها مخروطا من الظل يتعلق طوله ببعدها عن الشمس وجميع نقط الفراغ التى توجد فى هذا المخروط الظلى ممنوعة بداهة من نور الشمس ومتى دخل القمر كله أو بعضه فى هذا المخروط يحصل خسوف كلى أو جزئى (شكل ٧٨) ولنثبت أولا امكان حصول الخسوف أعنى دخول القمر فى المخروط الظلى المذكور . لذلك نمرر مستويا بمركزى الشمس والارض فهـذا المستوى يقطع الكرتين فى دائرتين عظيمتين س ا و ص ب (شكل ٧٩) ثم نرسم المماس المشترك من الخارج ر ا للمحيطين ونعتبر المخروط المتولد من دوران هذا المماس حول ر س فجميع نقط الفراغ التى فى الجزء ر ب ت لا تتلقى ضوأ ما من الشمس وهذا هو المخروط الظلى الذى ترميه الارض وراءها ولحساب بعد رأس هذا المخروط عن مركز الارض وهو ر ص نرسم ص ح موازيا ا ب فمن المثلثين المتشابهين س ح ص و ب ص ر يحدث

$$\frac{\text{ص ر}}{\text{س ص}} = \frac{\text{ص ب}}{\text{س ح}} \quad \text{ومنه} \quad \text{ص ر} = \frac{\text{س ص} \times \text{ص ب}}{\text{س ح}} = \frac{٢٣٣٠٠}{١٠٧٫٥٥٦} = ٢١٦$$

وذلك بجعل نصف قطر الارض وحده



ش ٧٩



خسوف القمر وكسوف الشمس

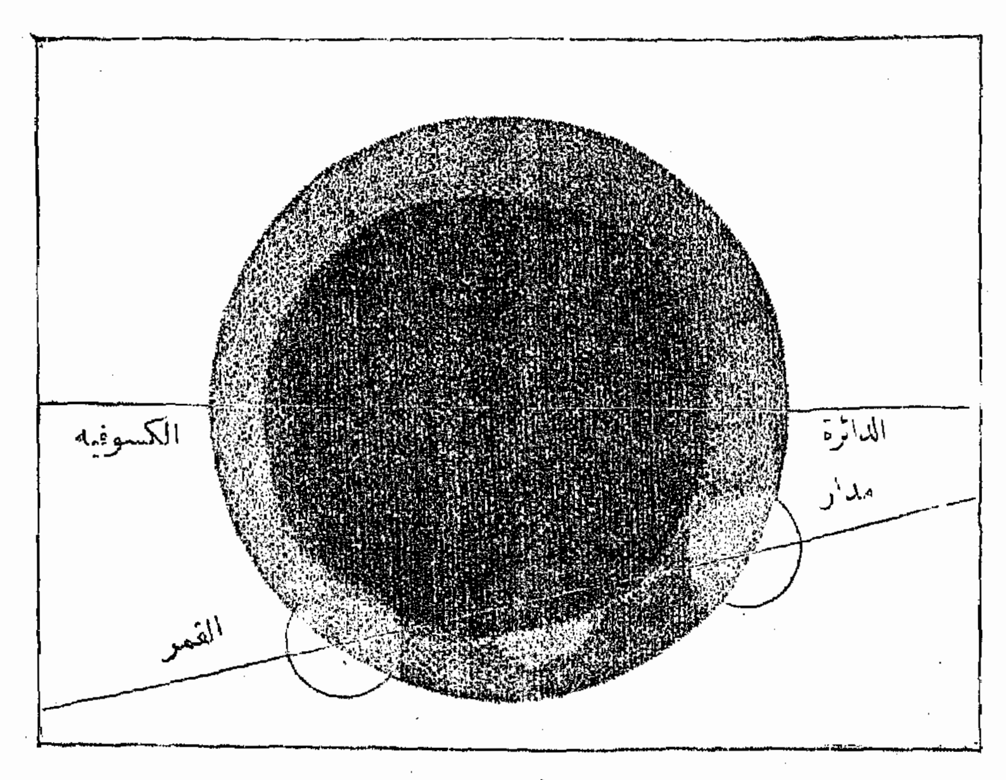
ش ٧٨

وحينئذ يمكن أن يقابل القمر المخروط الظلى للارض حيث ان بعده الاوجى عنها لا يبلغ نصف قطر خط الاستواء الارضى ٦٤ مرة

ومع ذلك فيمكن أن ينحصر القمر بأكمله فى ذلك المخروط وللبرهنة على ذلك نقول حيث أن قطر القطاع العرضى للمخروط فى وسط البعد م ص يكاد ان يساوى نصف قطر الارض وان القمر يقابل المخروط الظلى على بعد منها قدر نصف قطر الارض ٦٠ مرة تقريبا وقطر القطاع العرضى فى طول هذا البعد أكبر من نصف قطر الارض فبناء عليه يمكن ان ينحصر القمر بأكمله فى المخروط الظلى لان قطره ليس الا ربع قطر الارض تقريبا وحينئذ يحصل الخسوف وربما كان كليا

١٦٨ — شروط وقوع الخسوف — ينتج مما سبق انه اذا كان مستوى فلك القمر منطبقا على مستوى الدائرة الكسوفية يحصل خسوف دائما فى لحظة الاستقبال أو البدر ولكن حيث يوجد ميل بين المستويين فيمكن بسببه مرور المخروط الظلى للارض فوق أو تحت القمر ولا يحصل الخسوف ما لم يكن القمر مجاورا احد العقدتين فى لحظة الاستقبال فيستحيل الخسوف متى تجاوز عرض القمر ١٦ً ١َ ١° ويكون البتة متى كان العرض أقل من ٢٤ً ٥٢َ وبين هاتين النهايتين قد يكون وقد لا يكون

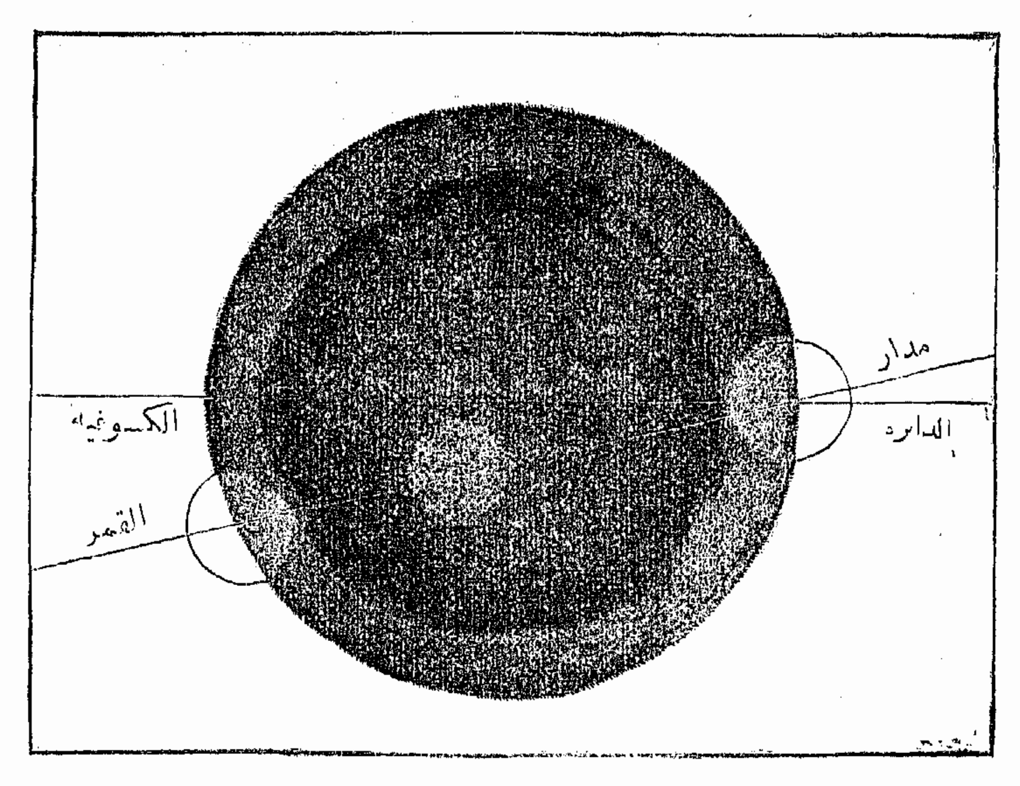
١٦٩ — الخسوف الجزئى — متى لم يدخل القمر الا بجزء منه فى المخروط الظلى للارض




ش ٨٠

يسمى الخسوف جزئيا لكن قبل أن يدخل القمر فى المخروط الظلى يقابل شبه الظل أعنى يقابل نقط الفراغ المحصورة فى المخروط المتولد سطحه من دوران المماس المشترك من الداخل هـ ر ف (شكل ٧٩ و ٨٠) حول س ص ويبتدئ ضوء القمر حينئذ فى النقص حيث يأخذ جزء الشمس الذى يضيئه فى التناقص ثم ان القمر يصل المخروط الظلى الحقيقى ويمتد الظل شيأ فشيأ على السطح الى اللحظة التى فيها يوجد مركزه فى النقطة من مداره الاقرب الى المحور س ص وبالابتداء من هذه اللحظة تنقص التقويرة ويخرج الكوكب من المخروط الظلى الحقيقى ليدخل فى شبه الظل ويأخذ ضوءه وقتئذ فى الازدياد الى أن يصير فى جزء الفراغ المستنير بالشمس بالتمام

١٧٠ — الخسوف الكلى — قد علمنا ان القمر يمكن أن ينحصر بأكمله فى المخروط الظلى وذلك هو الخسوف الكلى كما فى (شكل ٨١) فينقص أولا ضوؤه شيأ فشيأ بتتابع دخوله فى شبه الظل وتتكون التقويرة فى لحظة دخوله فى المخروط الظلى وتأخذ فى الكبر شيأ فشيأ وبعد قليل يصير القرص بأكمله مغطى بظل الارض وتحصل تقريبا جميع أشكال القمر التى تشاهد بين البدر والمحاق التالى لكن فى مدة قصيرة جدا الان النهاية العظمى لمدة الخسوف ساعتان وبعد ان يستقر القمر مدة مغطى بظل الارض ينفصل ويظهر جزء منه وتحصل جميع الاشكال التى شوهدت أولا لكن على عكس الترتيب




ش ٨١

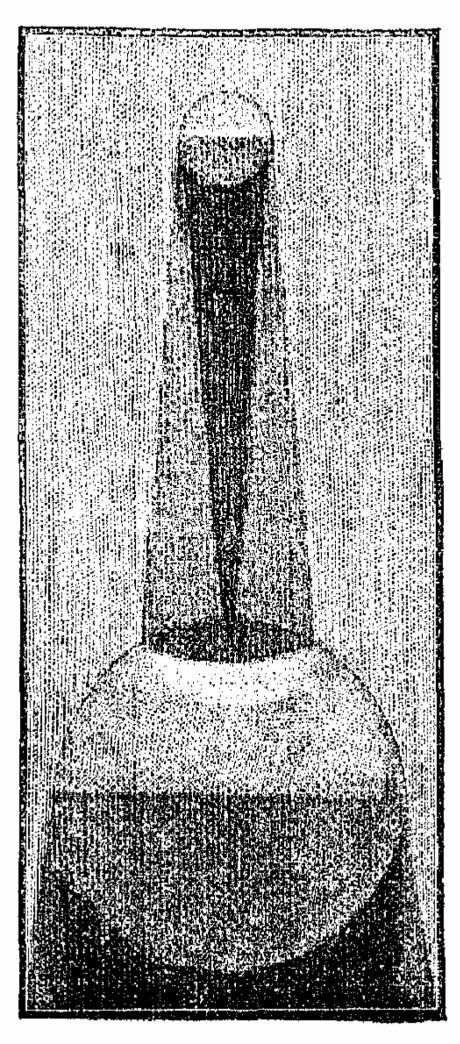
١٧١ - تأثير جوّ الارض على الظاهرة - فى مدة الخسوف الكلى لا يكون القمر مجردا عن الضوء بالكلية بل يظهر بلون محمر وسبب ذلك ان الاشعة التى تمر من جوّ الارض يعتريها انحراف يقربها من محور المخروط الظلى وبسبب هذا الانحراف تقرب رأس المخروط الظلى الذى لا يلاقى الاشعة الضوئية مباشرة من الارض وتصيرفى و (شكل ٧٩) والحساب يبين ان طول المخروط بسبب ذلك يؤل الى ٤٢ مرة قدر نصف قطر الارض والقمر الذى بعده المتوسط عن الارض ٦٠ نصف قطر ارضى لا يمكن ان يدخل حينئذ فى الجزء ب و دَ التام الظلمة وحينئذ فى لحظة الكسوف الكلى لا يكون القمر غير ظاهر بالكلية بل يظهر قرصه بالكيفية التى ذكرناها واللون المذكور انما هو ناشئ من كون الاشعة الشمسية المنسوبة لها هذه الاستضاءة قد مرت من طبقة جسيمة السمك من الجوّ الارضى وتشرب الجوّ للضوء يميل الى تغيير لون الاشعة المذكورة

١٧٢ - كسوف الشمس - قد ذكرنا فيما تقدم ان كسوف الشمس يحصل فى لحظة الاجتماع دائما

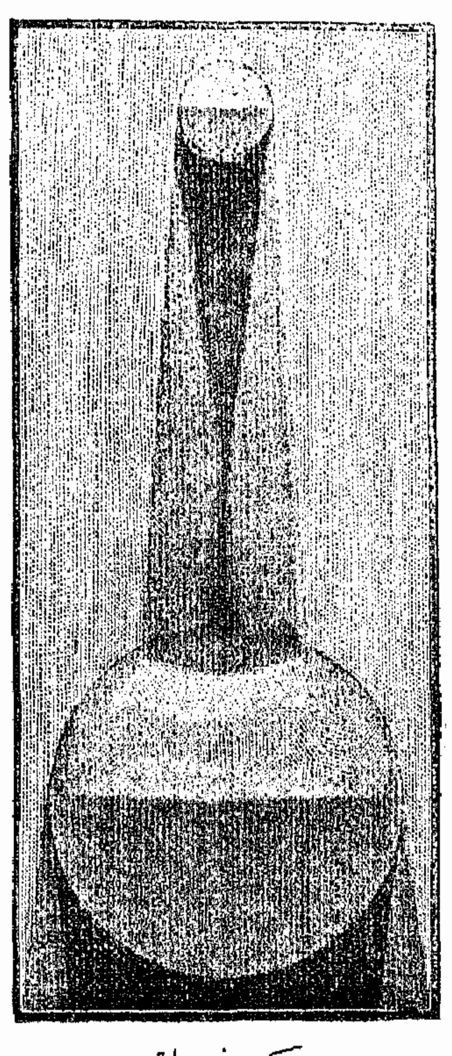
فالقمر الذى هو جسم معتم يحمل وراءه فى حركته حول الارض مخروطا من الظل طوله يتعلق ببعد القمر عن الشمس ويمكن حساب هذا الطول كما اجرى فى (بند ١٦٧) فيوجد أنه يتغير بين ٥١ و ٥٩ نصف قطر أرضى ومن جهة أخرى بعد مركز القمر عن أقرب نقط الكرة الارضية اليه يتغير بين ٥١ و ٦٣ نصف قطر أرضى ومن ذا ينتج انه حينما يكون القمر فى الاوج لا تصل رأس المخروط الظلى الارض وحينما يكون القمر فى الحضيض يمكن أن يقابل المخروط الظلى جملة نقط من سطح الارض وتحصل حادثة كسوف الشمس

ولزيادة الايضاح نقول انه متى وصلت رأس المخروط الظلى الى الارض يكون الكسوف كليا بالنسبة لجميع النقط الارضية الموجودة داخل المخروط (شكل ٨٢) وبالحساب علم ان المنطقة التى يكون الكسوف كليا بالنسبة لها فى لحظة ما معينة أقل من $\frac{1}{12000}$ من السطح الكلى للارض لكن بسبب الحركة الدورانية للارض مع الحركة الانتقالية للقمر يمتد المخروط الظلى فى الحقيقة على سعة أكثر من ذلك وقد قلنا انه حينما يكون القمر فى الاوج لا تصل رأس المخروط الظلى الى الارض فلا يحصل كسوف كلى بالنسبة لاى نقطة من الارض (شكل ٨٣) وبالنسبة للنقط الموضوعة على محور المخروط يكون القطر الظاهرى للشمس أكبر من القطر الظاهرى للقمر ويجب حينئذ ان يرى من هذه النقط حافة الشمس مكوّنة حلقة مضيئة حول قرص القمر ويسمى الكسوف حلقيا

وفي وقت وجود كسوف كلي أو حلقي بالنسبة لبعض نقط من سطح الارض فانه يكون كسوفا جزئيا بالنسبة لنقط أخرى كثيرة يصل اليها شبه الظل وذلك أن هذه النقط لا يمكن أن يشاهد منها الا جزء من الشمس يكون صغيرا كلما كانت هذه النقط قريبة من المخروط الظلي



كسوف كلي
ش ٨٢



كسوف حلقي
ش ٨٣

١٧٣ — شروط وقوع الكسوف — اذا كان مستوى مدار القمر منطبقا على مستوى الدائرة الكسوفية فانه يحصل كسوف في كل اجتماع ولكن بسبب ميل المستويين يتأتى غالبا انه في وقت الاجتماع يمر المخروط الظلي فوق أو تحت الارض وفي هذه الاحوال لا يحصل كسوف ويكون الامر بالعكس اذا كان عرض القمر قليلا في وقت الاجتماع أعني اذا كان القمر قريبا من عقدتيه قربا به تدخل الارض في المخروط الظلي وشبه الظل وبالحساب وجد أن الكسوف يكون محققا حينما يكون عرض القمر أقل ١° ٢٤′ ٣٠″ وقت الاجتماع ويكون مستحيلا اذا كان العرض أكبر من ١° ٣٢′ ٢″ وبين هاتين النهايتين قد يكون وقد لا يكون

وحينما يصير الكسوف كليا تحصل ظواهر شهيرة فباختفاء الشمس يتناقص النور وتنخفض

درجة الحرارة ومتى آل القرص الى هلال رفيع جدا تختفي بغتة و ينقلب النهار ليلا لكن لا يكون ليلا تاما بسبب الضوء المنعكس بالجو واغا ترى النجوم و يزيد الكروموسفير والنتوات عن الجزء المنكسف ويحدث ما يسمى بالاكليل وبعد ليل قدره سبع أو ثمان دقائق (٥٨ث و ٧د في خط الاستواء) يخرج شعاع ضوئي دفعة واحدة غربي القمر ويظهر النهار بغتة بالثاني وتظهر الشمس شيأ فشيأ حتى ترى جميعها

١٧٤ — الفرق بين الخسوف والكسوف — الخسوف يرى من جميع بقاع الارض التي فيها يكون القمر فوق أفقها وحيث ان الحادثة تنشأ عن ذهاب نور القمر فيكون الشكل واحدا في جميع النقط الارضية المذكورة وأما في الكسوف فان سطح الشمس يغطى بقرص القمر فقط والتأثير الناتج عن هذا التوسط يجب ان يتغير حينئذ على حسب الاوضاع المتناظرة للراصد وللقمر وللشمس وتحصل الحادثة على التوالي في النقط المختلفة بمجرد انتقال الظل وشبه الظل على سطح الارض

١٧٥ — دور الكسوف والخسوف — قد سمى الاقدمون مدة قدرها ١٨ سنة و ١١ يوما باسم مخصوص (ساروس) لانها تحتوى على ٧٠ خسوفا وكسوفا منها ٢٩ خسوفا و ٤١ كسوفا والخسوفات والكسوفات التي شوهدت في غضون هذه المدة تحصل في المدة التالية لها بالعدد بعينه وفي التواريخ بعينها وبذلك توصل الاقدمون الى القول بالخسوف والكسوف مقدما ولكن في أيامنا هذه وجود الجداول الفلكية المضبوطة أغنى عن هذا الاعتبار

والكسوفات أكثر حصولا من الخسوفات وذلك لانه لاجل حصول الكسوفات يكفي دخول القمر بين الشمس والارض في المخروط المرسوم عليهما من الداخل وأما الخسوفات فانها تحصل حينما يدخل القمر في المخروط الظلي للارض وحيث ان الابعاد العرضية للمخروط تكون في الجهة الاولى أكبر من الثانية فالدخول الاول يحصل أكثر من الثاني

ومع ان الكسوفات أكثر من الخسوفات فان الخسوفات تكون أكثر حصولا من الكسوفات بالنسبة لنقطة واحدة من سطح الارض و سبب ذلك ان الخسوفات ترى دفعة واحدة من جميع النقط التي القمر فوق أفقها وأما الكسوفات فلا ترى الا على التعاقب ومن جزء من نصف الكرة الارضية الموجه نحو الشمس فقط

وفي السنة الواحدة يوجد بالاكثر ٧ كسوفات وخسوفات وبالاقل ٢ وحينما لا يوجد الا اثنان فهما كسوفان

# الفصـــــــل السادس

## المـــــدّ والجــــــذر

١٧٦ — وصف حادثة المدّ والجـذر — يرتفـع البحر وينخفض كل يوم مرّتين بل كل ٢٤ س ٥٠ د عن تسوية متوسطة ففيما يرتفع البحر يزحف على الشواطئ ويدفع بالثانى مياه الانهر فترتفع حينئذ فى مجاريها وهذا هو المد . ومدة الارتفـاع ست ساعات ومتى أخذ البحر نهايته العظمى من الارتفاع يستمر سبع أو ثمان دقائق ثم يبتدئ فى الانخفاض زاحفا عن الشواطئ التى كان علاها شيأ فشيأ وهذا هو الجذر وبعد الجذر يحصل مد جديد وهكذا

والمسافة بين المدين ٢٥ د و ١٢ س ومدة المد تزيد عن مدة الجذر لان البحر يستعمل زمنا فى الصعود أكثر من النزول والفرق ليس واحدا بالنسبة لجميع المين فقـداره فى هافر وبولونى ٢ س ٢٨ د وفى مينة برست ١٧ د فقط

١٧٧ — تغير أوقات المد والجذر — التأخير اليومى لحادثة المد والجذر هو ٥٠ دقيقة وهذا المقدار هو مقدار تأخير مرور القمر بمستوى الزوال كل يوم وحيث ان تأخير ٥٠ دقيقة كل يوم يحدث تأخيرا قدره ٢٤ ساعة بعـد ٢٩ يوما وثلث أعنى بعد شهر قمرى فيجب حينئذ ان تنقلب أوقات المد والجذر كل نصف شهر قمرى من صباح الى مساء وبالعكس وبعد شهر قمرى كامل يعود المد والجذر الى الاوقات الاولى بعينها وحينئذ فهنالك ارتبـاط بين الاوقات التى يحصل فيها المد والجذر وبين أوقات مرور القمر بمستوى الزوال

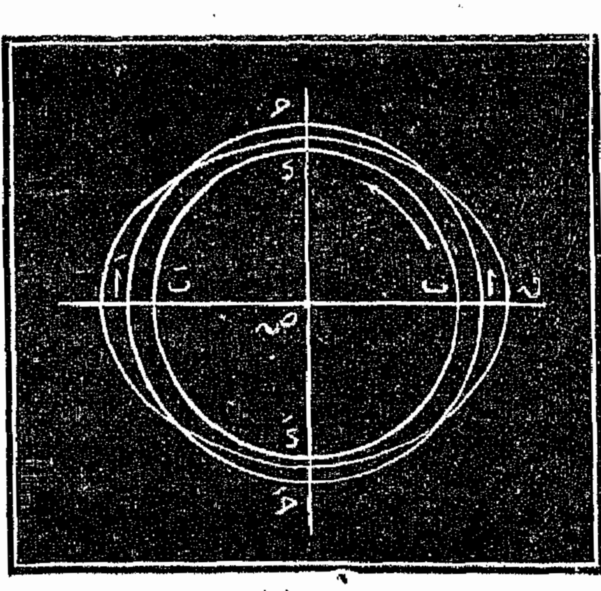
١٧٨ — تغـير الارتفاع — كلما كان ارتفـاع المياه فى المد كبيرا كلما كان انخفاضها كثيرا فى الجذر التالى له وبأخذ المتوسط بين جذر ومد متتاليين يتحصل على نتيجة ثابتة تقريبا ولهـذه التسوية تنسب الارتفـاعات فى عمليات الميزانيـات ويسمى مدا كليا متوسط مدين أحدهما يلى جذرا والآخر يسبقه والمد الكلى فى الوقت الواحد متغير على حسب المين بسبب اختلاف شكل الشواطئ وفى المينة الواحدة يتغـير على حسب أوجه اشكال القـمر وعلى حسب ابعاد الارض عن القمر والشمس وعلى حسب ميل هذين الكوكبين ففى وقت الاجتماع والاسـتقبال يصل المد نهايته العظمى والجذر نهايته الصغرى وأما فى وقت التربيعين فيأخذ المد نهايته الصغرى وليعلم ان أعظم مد لا يحصل فى نفس لحظة الاجتماع أو الاستقبال بل بعدها بقدر ٣٦ ساعة فالمدّ الثالث الذى يلى الاجتمـاع والاستقبال هو الذى يكون أكبر مدّ وكذلك المدّ الثالث الذى يلى التربيع الاوّل والاخير يكون هو أصغر مدّ وهذا التأخير ينسب لاحتكاك

العناصر السائلة بعضها على بعض وعلى قاع البحر وينشأ عن هذا الاحتكاك بطء فى حركتها وفى (برست) يصل المد الكلى للاجتماع والاستقبال فى المتوسط ارتفاعا قدره ٦٫٢٥ مترا والمد الكلى للتربيعين فيما هو ٣٫١٠ مترا فقط

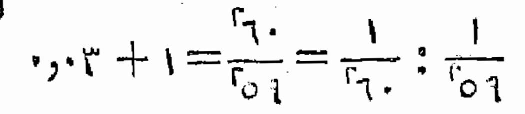
وبعد الارض عن القمر يحدث تأثيرا على مقدار المد الكلى الذى يزداد باقتراب القمر من الارض ويتناقص بتباعده عنها وفى مينة (برست) تغير البعد المذكور يحدث تغيرا مقداره ١٫٧٧ فى ارتفاع المد الكلى وكذلك تغير بعد الشمس عن الارض يؤثر على مقدار المد الكلى غير ان ذلك التأثير قليل بالنسبة لتأثير القمر

وكذا ارتفاع المد والجذر يتغير على حسب ميل الشمس والقمر ففيما يكون القمر قريبا من دائرة المعدل فى وقت الاعتدالين يكون المد المقابل للاجتماع والاستقبال هو أكبر مد وينتج من جميع ما تقدم ان هنالك ارتباطا أصليا بين حادثة المد والجذر وحركات القمر والشمس وسنبين ان المد والجذر هما نتيجة تأثير جاذبية القمر والشمس على الارض أعنى نتيجة من قاعدة الجذب العام

١٧٩ — المد والجذر القمرى — نفرض الارض كروية ومحاطة بطبقة من الماء ذات سمك واحد فلبيان الشكل الذى يأخذه سطح السائل بتأثير جذب القمر نفرض ان مستوى خط الاستواء الارضى ينطبق على مستوى مدار القمر وليكن ب ى بَ ىَ (شكل ٨٤) هو خط الاستواء الارضى و ا ح اَ حَ سطح السائل و ن هو القمر فى سمت نقطة ا فتأثير القمر على الجزء الجامد من الارض يكون بعينه كما لو كانت جميع كتلتها مجتمعة فى مركزها ص (وهذه مسئلة ميكانيكية نأخذها بالتسليم) وحيث ان الجذب مناسب لعكس مربع البعد فبناء عليه يحصل التأثير كما اذا كان العنصر ب على بعد ٦٠ نصف قطر أرضى بخلاف العنصر السائل ا فهو على بعد ٥٩ نصف قطر فقط ونسبة مقادير الجذب تكون حينئذ مساوية الى



ش ٨٤


$$\frac{1}{59^2} : \frac{1}{60^2} = \frac{60^2}{59^2} = 1 + 0{,}034$$

وحيث ان العنصر ا مجذوب بقوة أكثر من العنصر ب فيميل الى أن ينفصل عن سطح الارض لولا تأثير التثاقل غير ان تأثير التثاقل على العنصر ا يكون ضرورة منقوصا وفى الطرف الآخر من القطر يكون الجذب على اَ أقل من الحاصل على بَ وتكون النسبة مساوية الى

$$\frac{١}{٦١^٢} : \frac{١}{٦٠^٢} = \frac{٦٠^٢}{٦١^٢} = ١ - ٠٫٠٣$$

وبناء عليه تميل بَ لان تنفصل عن اَ والتثاقل الذى يحفظ العنصر اَ على سطح الارض يوجد كذلك منقوصا بجذب القمر

والعنصران السائلان الموضوعان على القطر العمودى على ب بَ يمكن اعتبارهما موجودين على بعد من القمر هو عين بعد المركز صـ عنه وتأثير التثاقل الارضى على هذه العناصر لا يعتريه أدنى نقص و ينتج مما سبق انه يمكن اعتبار الكتلة السائلة متأثرة بتأثير متغير من التثاقل يأخذ فى الازدياد من ا و اَ نحو حـ و حـَ بحيث ان الطبقة السائلة يلزم ان تأخذ شكل مجسم ناقصى دورانى مفرطح على حسب ا اَ ومبطط على حسب الاتجاه العمودى حـ حـَ كما يتبين من (شكل ٨٤)

وذلك هو الشكل الذى تأخذه مياه البحر بكيفية مستديمة اذا بقى القمر والارض غير متحركين لكن من الحركة الدورانية للارض ومن الحركة الانتقالية للقمر حول الارض ينتج أن القمر كأنه يرسم من الشرق الى الغرب موازيا سماويا فى ٢٨ش ٥٠د ٢٤س ولنفرض ان القمر يمر الآن بمستوى زوال نقطة ا فيوجد مدّ فى ا و اَ وجذر فى حـ و حـَ اللتين فيهما يرى القمر يشرق و يغرب وبعد اللحظة المفروضة بقدر ٣٧ش ١٢د ٦س يمر القمر بمستوى زوال النقطة حـ ويوجد حينئذ مدّ فى حـ و حـَ وجذر فى ا و اَ وهكذا

وحينئذ فالنقطة حيثما اتفق من المحيط ا حـ اَ حـَ يتعين فى كل يوم قمرى

أولا ــ مدّ فى المرور العلوى للقمر بمستوى الزوال

ثانيا ــ جذر فى غروب القمر

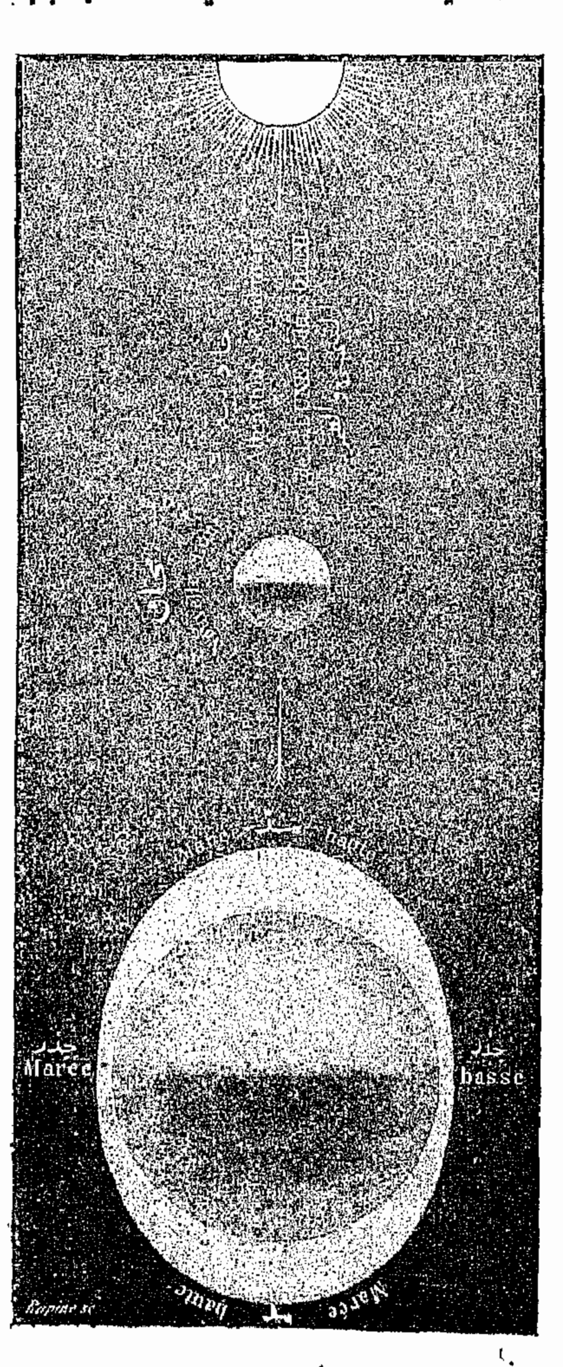
ثالثا ــ مدّ فى المرور السفلى للقمر بمستوى الزوال

رابعا ــ جذر فى شروق القمر

وتلك هى الظواهر التى تحصل فى الجزء الاستوائى تقريبا لكن فى مناطقنا لا يمر القمر مطلقا بالسمت ولا يحصل على أعلى انتفاخ وزيادة على ذلك تصل موجة المدّ فى لحظة واحدة بجميع

المحلات الموضوعة على مستوى الزوال الذى يمر عليه القمر أو على مستوى الزوال المقابل على الاتجاه القطرى

١٨٠ — المد والجذر بالنسبة للشمس — جميع ما ذكر فى البند السابق منطبق على تأثير الشمس على الطبقة السائلة المحيطة بالارض فيحصل فيها مد وجذر شمسى مدته يوم شمسى ومع كون مجسم الشمس أكبر كثيرا من مجسم القمر لكن تأثير الشمس أقل من تأثير القمر بسبب عظم البعد الذى يفصلها عن الارض ويمكن بالحساب تعيين النسبة بين التأثيرين




ش ٨٥

وليكن م مجسم القمر و ى بعد مركزه عن مركز الارض و ف جذب وحدة الجسم فى وحدة المسافة و س نصف قطر الارض فالقوة التى تجذب العنصر ا تبين بالقانون(١)

$$\frac{\text{ف م}}{(\text{ى}-\text{س})^2}-\frac{\text{ف م}}{\text{ى}^2}=\frac{\text{ف م س}\,(2\text{ى}-\text{س})}{\text{ى}^2(\text{ى}-\text{س})^2}$$

وحيث أن س كسر صغير من ى يمكن صرف النظر عنه ويتحصل

$$\frac{2\times\text{ف م س}}{\text{ى}^3}$$

و بالرمز لجسم الشمس بالحرف $\text{م}_1$ وبالحرف $\text{ى}_1$ لبعد مركزها عن مركز الارض لجاذبية الشمس التى تجذب العنصر ا تكون مبينة بالمقدار

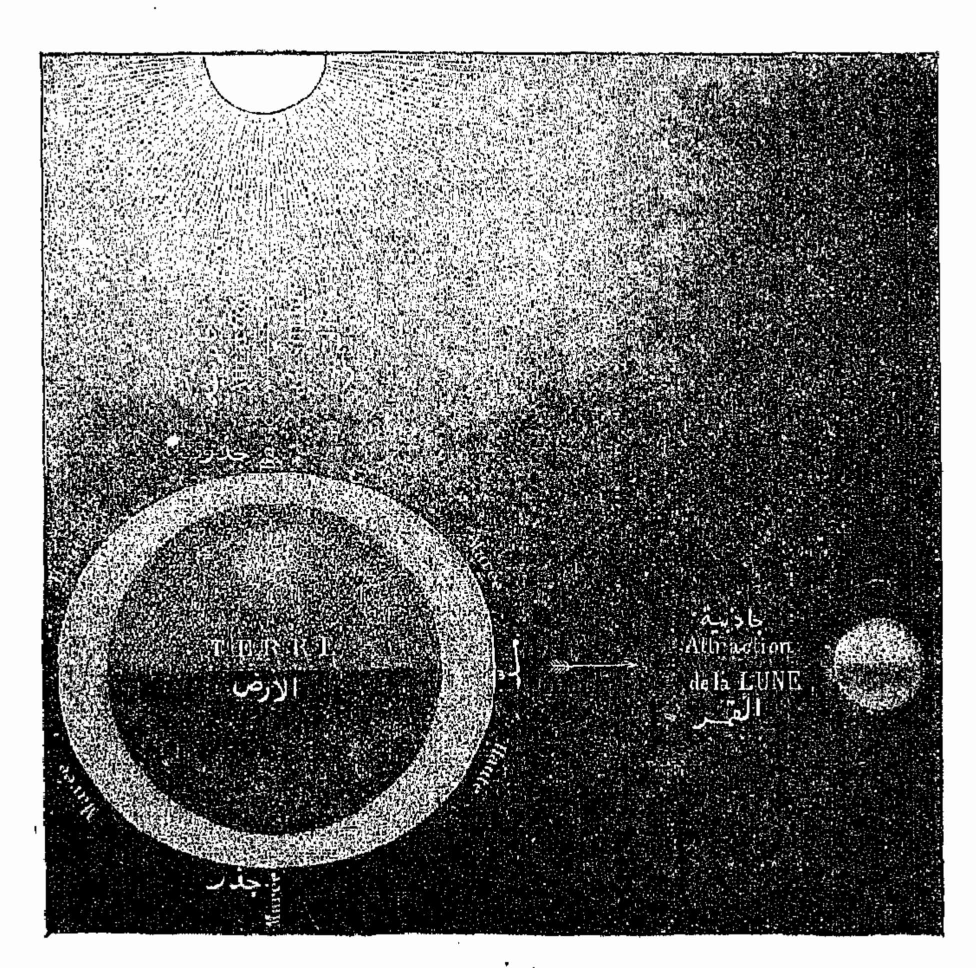
$$2\cdot\frac{\text{ف م}_1\text{س}}{\text{ى}_1^3}$$

والنسبة بين القوتين هى

$$\frac{\text{م}_1}{\text{م}}\times\frac{\text{ى}^3}{\text{ى}_1^3}=\frac{2}{5}\ \text{تقريبا}$$

(١) سوف نرى أن الجذب يتغير بالنسبة للجسم وبالنسبة العكسية لمربع المسافة

والمد الشمسى حينئذ أقل من المد القمرى ولما كانت أوقات الظواهر مختلفة فينضم المد الشمسى تارة الى المد القمرى ويطرح منه تارة أخرى وحيث ان الكواكب الثلاثة فى وقت الاجتماع والاستقبال تكون على خط مستقيم واحد (شكل ٨٥) فينضم التأثيران ويحصل أعظم مد وحيث ان الشمس والقمر وقت التربيع يمران بمستوى الزوال على مسافة زمنية بين مروريهما قدرها ست ساعات فيكون التأثيران متضادين ويحصل أقل مد (شكل ٨٦)




ش ٨٦

وحيث يتبين من القانون السابق أن التأثير يتغير بالنسبة العكسية لمكعب بعد مركز الكوكب عن مركز الارض فحصول أعظم مد يكون حينما يكون الشمس والقمر فى أقرب وضع لهما الى الارض ولذا يكون المد فى المنقلب الشتوى أعظم منه فى المنقلب الصيفى

**١٨١** — مقرر المين — اذا كانت الارض مغطاة بأكملها بطبقة من الماء ذات سمك واحد ارتفعت مياه البحر على حسب ما بيناه من القوانين وارتفع أو انخفض البحر فى محله وما كان المد والجذر يعينان تيارات قادرة على أن تجذب معها الاجسام العائمة ولكن حيث ان المغطى من الارض بالماء هو ثلثاها فقط فحينما يرتفع البحر يمتد على الشواطئ القليلة الميل

ويحدث التيار الذى أعطى له اسم مد فالمد يحصل فى وسط المحيط وقت مرور الكوكب بمستوى الزوال والامواج الحاصلة منه تمتد شيأ فشيأ نحو الشواطئ ويحصل ما يسمى بالبحر العالى فى المين بعد ذلك المرور بزمن معلوم مثلا المين فرنسا النهاية العظمى والصغرى للمد المركب تحصل بعد كل اجتماع واستقبال أو تربيع بقدر ٣٦ ساعة فقط

وأيضا فان اقتراب الاراضى يقاوم امتداد الموج وتختلف هذه المقاومة على حسب شكل الجوانب وعمق الماء وبهذا لا تكون لحظة المد واحدة فى مينتين موضوعتين على خط جانبى واحد وذلك هو تأخير آخر ثابت للمينة الواحدة لكنه متغير من مينة الى أخرى وهذا التأخير محسوب بالنسبة لجميع النقط المهمة من الشواطئ ويسمى مقرر المين واهمية مقرر المين تختص بالملاحين الذين لا يمكنهم فى الغالب أن يدخلوا مينة أو يخرجوا منها الا فى مدة المد ففى (برست) يحصل المد يوم الاجتماع والاستقبال بعد نصف الليل أو نصف النهار بقدر ٤٦د ٣س ويكون مقرر المينة هو حينئذ ٤٦د ٣س والمقرر المذكور فى (شربورج) ٤٨د ٧س وفى (هافر) ٥٣د ٩س وفى (دييب) ٨د ١١س

وحادثة المد والجزر تصير محسوسة فى امتداد عظيم جدا من الماء ومع ذلك فانها تحصل بشدة مختلفة فتكون عظيمة جدا فى شواطئ المحيط وضعيفة فى مثل البحر المتوسط ومعدومة تقريبا فى كثير من البحار مثل بحر البلطيق وبحر الكزبين

# الباب السادس
# في السيارات

## الفصل الاول

### المجموعة الشمسية

١٨٣ - السيارات عند قدماء الفلكيين - قد كان الاقدمون يسمون الكواكب التي لها حركة خصوصية فيما بين الصور السماوية غير الحركة اليومية للقبة السماوية بالسيارات فكانت الشمس والقمر عندهم من السيارات وكذلك عطارد والزهرا والمريخ والمشترى وزحل والمدارات التي ترسمها هذه الاجرام كانت منسوبة للارض التي كانوا يعتبرونها ثابتة في مركز العالم

وأما اليوم فقد علم أن القمر وحده يدور حول الارض وان الحركة اليومية منسوبة الى الكرة الارضية وليست الى النجوم ولا الى الكرة التي يظهر ان هذه النجوم مرصعة عليها وان مدار الشمس ليس الا ظاهريا وان الارض هي التي تتحرك حول الشمس التي هي بورة المجموعة الفلكية وحينئذ تكون الارض كوكبا سيارا وكذلك الزهرا وعطارد والمريخ والمشترى وزحل واورانوس ونبتون وكل هذه السيارات تتم دورتها حول الشمس في أزمان غير متساوية وغير متغيرة والسياران الاخيران أولهما اكتشف في سنة ١٧٨١ والثاني في سنة ١٨٤٦ وفي مبدأ هذا القرن أي التاسع عشر قد وجدوا عددا عظيما من السيارات يظهر انها مكونة مجموعة خصوصية وتمتاز عن السيارات الاولى المسماة سيارات أصلية باسم سيارات صغرى أو سيارات تلسكوبية بالنسبة لصغر ابعادها الحقيقية أو الظاهرية وهي مكونة لحلقة كائنة بين المريخ والمشترى

وليست الارض فقط هي التي لها تابع أعني جرما يرسم حولها مدارا مشابها للذي ترسمه هي حول الشمس بل من وقت اختراع النظارات علم ان المشترى له أربعة أقمار وكذلك اورانوس وأما زحل فله ثمانية أقمار ونبتون واحد والمريخ قمران

والشمس مع السيارات وتوابع السيارات تسمى المجموعة الشمسية

١٨٣ — ميل المدارات - جهة حركة السيارات - مما يأتى تعلم القوانين التى على حسبها تتحرك السيارات وهذه الحركات حاصلة فى مستويات مائل بعضها على بعض وعلى الدائرة الكسوفية قليلا ويتنتج من ذلك انه برصد السيارات يرى انها لا تتباعد كثيرا فى حركاتها عن منطقة سماوية قليلة العرض تسمى منطقة فلك البروج (١) وقبل اكتشاف السيارات التلسكوبية كان عرض المنطقة المذكورة معتبرا من ١٧° الى ١٨° وبعد ان اكتشفت وجد ان مداراتها ذات ميل كبير نوعا على الدائرة الكسوفية فاقتضى ذلك تكبير عرض المنطقة لتكون شاملة لجميع حركات السيارات

وتنتقل السيارات حول الشمس كحركة الارض حولها وهذه الحركات طردية (معتدلة) أعنى حاصلة من الغرب الى الشرق

١٨٤ — الحركة الدورانية للسيارات - قد شوهد بواسطة النظارات على اقراص السيارات ما يشابه ما شوهد على قرص الشمس من الكلفات وبذلك علموا ان لكل كوكب حركة دورانية على نفسه حول محور اتجاهه فى الفراغ غير متغير أو لا يتغير الا تغيرا بطيئا جدا فعطارد والزهرا والمريخ والمشترى وزحل واورانوس هى السيارات التى ثبت دورانها وتعينت مدة الدورة واتجاهها ويحتمل ان قانون الحركة عمومى وصغر السيارات الاخرى وعظم بعدها ربما كانا هما المانعان من التحقق من دورانها وجهة جميع الحركات المعلومة الدورانية للسيارات هى عين جهة الحركة الدورانية للارض وجهة الحركات الانتقالية هى عين جهة حركتها الانتقالية

---

(١) هذه التسمية قديمة وكانت معروفة فى مصر واليونان انها محل السير الظاهرى للشمس والسيارات الاصلية على القبة السماوية وقدماء الفلكيين قد علموا بالضبط الصور التى تقطعها الشمس فى حركتها السنوية فكانوا قسموا الدائرة الكسوفية ومنطقة فلك البروج الى اثنى عشر جزءا متساوية سميت بأسماء الصور المطابقة لها فى ذلك الوقت وترتيبها التى كانت وجدت فيه حينما تتبع حركة الشمس الخصوصية بالابتداء من نقطة الاعتدال الربيعى هو حمل . ثور . جوزا . سرطان . اسد . سنبلة . ميزان . عقرب . قوس . جدى . دلو . حوت . لكن من منذ ألفى سنة قد تغير منظر السماء بسبب تقهقر الاعتدالين لا توجد الآن فى بروج واحدة ومع ذلك فقد حفظ للاثنى عشر جزء المذكورة أسماؤها الاولى ويلزم ان يفهم ان هذه الاجزاء والاسامات التى سعة كل منها ٣٠° انما تبين الاوضاع المتتالية التى تشغلها الشمس فى مدة سنة

# الفصـــــل الثـانى

## الحركات الخاصة للسيارات ـ الوقوف ـ التقهقر ـ السيارات العليا والسفلى

**۱۸۵ ـ** التمييز بين السيارات والنجوم ـ اذا نظرت السيارات الاصلية بالعين العارية رؤى لها منظر نقط مضيئة من أقدار متنوعة وتمتاز عن النجوم بكونها لا تحفظ أوضاعا واحدة غير متغيرة تقريبا على القبة السماوية بل تقطع الصور المنطقية فى جهات وبسرع تتغير على حسب أوضاعها بالنسبة للارض

وبنظر السيارات الاصلية وبعض السيارات الصغرى بنظارات عظيمة تظهر على شكل اقراص مضيئة ذات قطر يمكن تقديره وأما النجوم التى هى متلألئة الضوء فانها تظهر كنقط مضيئة قطرها الظاهرى صغير جدا بحيث لا يمكن قياسه ولبعض السيارات أشكال كاشكال القمر وبالجملة فان ضوء السيارات هادئ ساكن وأما ضوء النجوم فانه متلألئ براق

**۱۸۶ ـ** الحركة المخصوصة للسيارات ـ يمكن التحقق من الحركة المخصوصة لسيار بان يقدر فى لحظة معلومة بعده الزاوى عن نجمة مجاورة له فى ظرف زمن ما يتأكد من ازدياد ذلك البعد أو نقصه وذلك لا يتأتى الا اذا كان للسيار حركة مخصوصة به غير الحركة اليومية التى يشترك فيها مع جميع الكواكب

فاذا تتبعنا هذا البحث مدة زمن ما علمنا ان الحركة المخصوصة للسيار أحيانا تكون طرديه (۱) حاصلة من الغرب الى الشرق وأحيانا تقهقرية من الشرق الى الغرب وأحيانا معدومة ويظهر كأن الكوكب حينئذ واقف

**۱۸۷ ـ** المدارات الظاهرية للسيارات ـ لمعرفة خط السير الذى يرسمه سيار على القبة السماوية تستعمل الطريقة التى تقدمت فى تعيين المدار الظاهرى للشمس بأن يقاس كل يوم احداثياه فى لحظة مروره بمستوى الزوال أعنى مطلعه المستقيم وميله ثم يعلم على كرة صناعية سماوية او على خريطة سماوية النقطة التى يدل عليها الاحداثيان وبتكرار هذه العملية عدة مرات كافية ثم وصل النقط المختلفة التى تحصلت بهذه الكيفية بمنحن متصل يتحصل على خط سير السيار

---

(۱) يقصد بالحركة الطردية الحركة الحاصلة من يمين الراصد الموجود على سطح الارض نحو شماله وبالحركة التقهقرية الحركة الحاصلة من شماله نحو يمينه وهذا انما هو لاجل سهولة فهم الحركات الظاهرية للسيارات

و يتباعد خط السير المذكور قليلا عن الدائرة الكسوفية كما ذكرنا سابقا لكنه يختلف عن المدار الظاهري للشمس بانه ليس منحنيا مستويا وانه يظهر في نقط مختلفة من انفراده تعاريج كثيرة التركيب أو قليلته ومدار الشمس مرسوم دائما في جهة واحدة من الغرب الى الشرق وأما مدارات السيارات فليست كذلك لان السيار بعد أن يتحرك مدة ما في جهة حركة الشمس أعني في الجهة الطردية تأخذ حركته في البطء شيأ فشيأ ثم يقف و بعد ذلك يأخذ حركة متزايدة في جهة عكسية أعني تصير حركته تقهقرية وتستمر الى أن يقف بالثاني ثم يأخذ بعد ذلك حركته الطردية وبذلك يكون قد رسم على القبة السماوية أحد التعاريج التي نوهنا عنها وقبل أن نوضح الظواهر التي ذكرناها يلزم تمييز الحركات الظاهرية للسيارات السفلى وهي الكائنة بين الشمس والارض عن الحركات الظاهرية للسيارات العليا وهي التي بعدها عن الشمس أكبر من بعد الارض عن الشمس فنأخذ الزهرا مثالا للحالة الاولى والمريخ للحالة الثانية

١٨٨ — المدار الظاهري لسيار سفلي — كوكب الزهرا في أثناء أي انتقال من انتقالاته يوجد مرتين له طول يساوي طول الشمس ويقال حينئذ أنه في الاجتماع وحيث انه لا يكون بعيدا عن الدائرة الكسوفية ففي هذين الوقتين يختفي في الاشعة الشمسية و يصير غير منظور ثم يتباعد شيأ فشيأ عن الشمس و يصير منظورا في نور الشفق أو الفجر ولنعتبر أحد الوقتين الذي فيه يبتدئ الكوكب بأن يكون مرئيا بعد غروب الشمس في شرقيها فالكوكب كان وقتئذ في الاجتماع العلوي ثم يتباعد يوما فيوما في جهة الشرق وتكون حركته على القبة السماوية طردية لكن هذه الحركة تأخذ في البطء شيأ فشيأ الى أن يصير البعد الزاوي للزهرا عن الشمس ٤٨° تقريبا وهو نهاية تباعدها

وسرعته الظاهرية تكون وقتئذ مساوية لسرعة الشمس ثم تتناقص وتقرب الزهرا شيأ فشيأ من الشمس بدون أن تنقطع حركتها الطردية وحيث ان سرعتها آخذة في التناقص دائما فتوجد لحظة تنعدم فيها السرعة المذكورة وفيها يقف الكوكب على القبة السماوية ثم بعد ذلك تصير حركته تقهقرية و يعلم ذلك بنقص طوله وتتقارب الزهرا من الشمس بسرعة متزايدة الى ان تختفي بالثاني في أشعتها و يكون ذلك هو وقت الاجتماع السفلي وفي جميع تلك المدة لا تبرح موجودة شرقي الشمس ومنظورة بعد غروبها ومن ثم سماها الاقدمون نجمة الليل

والزهرا بعد أيام قليلة من خفائها تظهر بالثاني صباحا قبل شروق الشمس وتسمى حينئذ نجمة الصبح وتستمر الحركة التقهقرية وتتباعد الزهرا دائما عن الشمس نحو الغرب وتباعدها يأخذ في الازدياد الى أن يبلغ نهايته العظمى التي قدرها ٤٨° تقريبا ثم تصير حركتها طردية بالثاني

وتدخل مرة أخرى فى أشعة الشمس وبذا تكون قد أتمت رجعة مضاعفة كالة تشرق الشمس ثم غروبها

١٨٩ – الدورة الاقترانية (أو الحركة الدائرية) – الاجتماع السفلى والعلوى – جميع هذا الزمن يسمى الدورة الاقترانية للسيار والوضعان اللذان يكون طوله فيهما قدر طول الشمس أحدهما الاجتماع العلوى والآخر الاجتماع السفلى وتشاهد الظواهر بعينها بالنسبة لعطارد الذى هو سيار سفلى والفرق ان النهاية العظمى لتباعده الشرقى أو الغربى ٢٣° فقط ومدة الدورة الاقترانية التى مقدارها للزهرا ٥٨٤ يوما ليست لعطارد سوى ١١٦ يوما والزمن الذى يستعمله السيار من مدة الدورة فى الحركة الطردية أكبر من الذى يستعمله فى الحركة التقهقرية وبيانه كما فى الجدول الآتى

| أسماء | حركة طردية | حركة تقهقرية | دورة اقترانية |
|---|---|---|---|
| | يوم | يوم | يوم |
| الزهرا ........ | ٥٤٢ | ٤٢ | ٥٨٤ |
| عطارد ........ | ٩٥ | ٢٥ | ١١٦ |

١٩٠ – المدار الظاهرى لسيار علوى – الوقوف والتقهقر – لنختبر الآن الحركة الخاصة لسيار علوى وليكن المريخ

فالمريخ فى أثناء دورة من دوراته الاقترانية يوجد مرة فى الاجتماع مع الشمس أعنى طوله مساو لطولها ومرة فى الاستقبال معها ويكون فرق طوليهما ١٨٠° وفى مدة باقى الحركة يأخذ بعده الزاوى عن الشمس جميع المقادير المحصورة بين ٠° و ١٨٠° وحيث ان هذه الحالة تطبق على جميع السيارات العليا فيرى ان حركاتها الخاصة تختلف عن حركة الزهرا وعطارد اللذين لهما اجتماعان وليس لهما استقبال البتة

ولنتتبع المريخ فى أثناء احدى دوراته ونجعل لحظة الاجتماع التى يصير فيها غير منظور هى مبدأ السير فبعد هذه اللحظة بقليل يرى انه يشرق قبل الشمس ويغرب بعدها ويزيد بعده عنها يوما فيوما فيظهر جهة الغرب شيأ فشيأ واذا اختبر وضعه بالنسبة للنجوم يعلم ان حركته طردية أعنى حاصلة من الغرب الى الشرق لان سرعته الظاهرية أقل من سرعة الشمس التى يظهر انه يتباعد عنها وتتناقص هذه السرعة الى أن يوجد المريخ على بعد ١٣٧° من الشمس ثم تصير

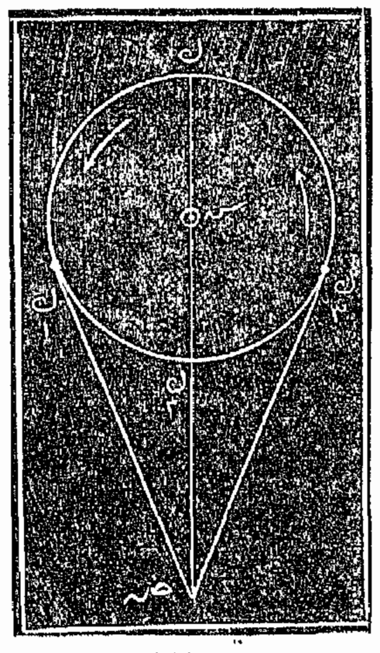
معدومة ويقف السيار مدة من الزمن ثم يأخذ حركة تقهقرية متزايدة السرعة ويستمر تباعده عن الشمس الى أن يصير بعده الزاوى عنها ١٨٠° وفى هذه اللحظة يكون فى الاستقبال وينتج من ذلك أنه يمر بمستوى الزوال فى نصف الليل فى لحظة مرور الشمس بمستوى الزوال الاسفل وتستمر الحركة التقهقرية لكن بسرعة متناقصة الى اللحظة التى يقف فيها المريخ بالثانى ويكون بعده حينئذ عن الشمس ١٣٧° ثم يأخذ من جديد حركة طردية ويقرب من الشمس التى سرعتها الظاهرية أكبر من سرعته واخيرا يصير فى الاجتماع أعنى فى نفس وضعه بالنسبة للشمس وللارض مثل ما كان فى مبدأ سيره والمدة الكلية تكون الدورة الاقترانية وتحتوى على ٧٨٠ يوما منها ٧٣ لقطع القوس التقهقرى و ٧٠٧ تختص بالحركة الطردية

**١٩١ — الدورات الاقترانية للسيارة العليا — حركات باقى السيارات العليا مشابهة لحركة المريخ فلها اجتماع واستقبال ووقوفان وحركة طردية وأخرى تقهقرية لكن مدد دوراتها الاقترانية مختلفة كما يتبين من الجدول الآتى**

| أسماء | دورة اقترانية | حركة طردية | حركة تقهقرية |
|---|---|---|---|
| | يوم | يوم | يوم |
| المريخ ........ | ٧٨٠ | ٧٠٧ | ٧٠٣ |
| المشترى ........ | ٣٩٩ | ٢٧٨ | ١٢١ |
| زحل ........ | ٣٧٨ | ٢٣٩ | ١٣٩ |
| أورانوس ........ | ٣٦٦ | ٢١٧ | ١٥٢ |
| نبتون ........ | ٣٦٧ | ... | ... |

**١٩٢ — ايضاح الحركات الظاهرية للسيارات السفلى — لايضاح الحركات الخاصة** الظاهرية لسيار سفلى نفرض ان س هى الشمس وان ل، و ل، و ل، ... (شكل ٨٧) المدار القريب من الدائرة الذى ترسمه الزهرا حول الشمس فى ٢٢٥ يوما تقريبا ونصرف النظر عن ميل هذا المدار على الدائرة الكسوفية ومآل ذلك عدم اعتبار غير الحركات فى الطول ففى الاجتماع السفلى تكون الزهرا فى ل، بين الشمس والارض على خط مستقيم مار بهما فاذا بقيت الارض ثابتة ودارت الزهرا من الغرب نحو الشرق فى جهة السهم يظهر فى مبدأ الامر للراصد الموجود على سطح الكرة الارضية انها تتباعد عن الشمس لكن حيث ان الاقواس التى ترسمها تشاهد آخذة فى الميل شيأ فشيأ فان سرعتها الثابتة تقريبا تظهر متناقصة شيأ فشيأ الى

ان تصل الى نقطة ل٢ التى فيها يصير الشعاع البصرى صه ل٢ مماسا للمدار ويظهر ان سرعتها فى هذه النقطة معدومة والقوس ل٢ ل٣ المرسوم من شمال الراصد نحو يمينه يكون تقهقريا

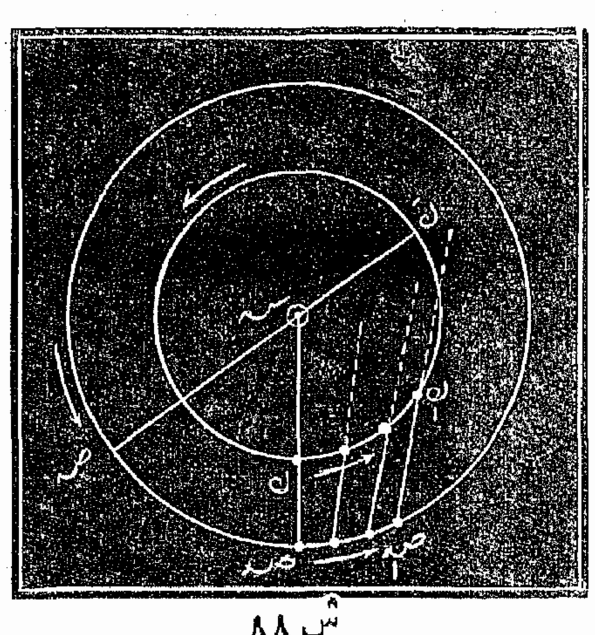


ش ٨٧

ومن ل٣ الى ل تظهر حركتها طردية وسرعتها الظاهرية تتزايد الى ان تصل ل التى فيها تبلغ نهايتها العظمى ووقتئذ يوجد السيار الثانى على خط مستقيم واحد مع الشمس والارض ويصير فى الاجتماع العلوى لوجوده فوق الشمس ومن ل الى ل١ تستمر الحركة طردية والسرعة تتناقص وفى ل١ تقف الزهرا مرة ثانية ثم من ل١ الى الاجتماع الثانى فى ل٢ تكون الحركة تقهقرية وتأخذ السرعة فى الازدياد وتبلغ نهايتها العظمى فى هذه النقطة الاخيرة

وتلك هى حالة حركة السيارات السفلى باعتبار الارض ثابتة واما على اعتبارها متحركة فسنبينه

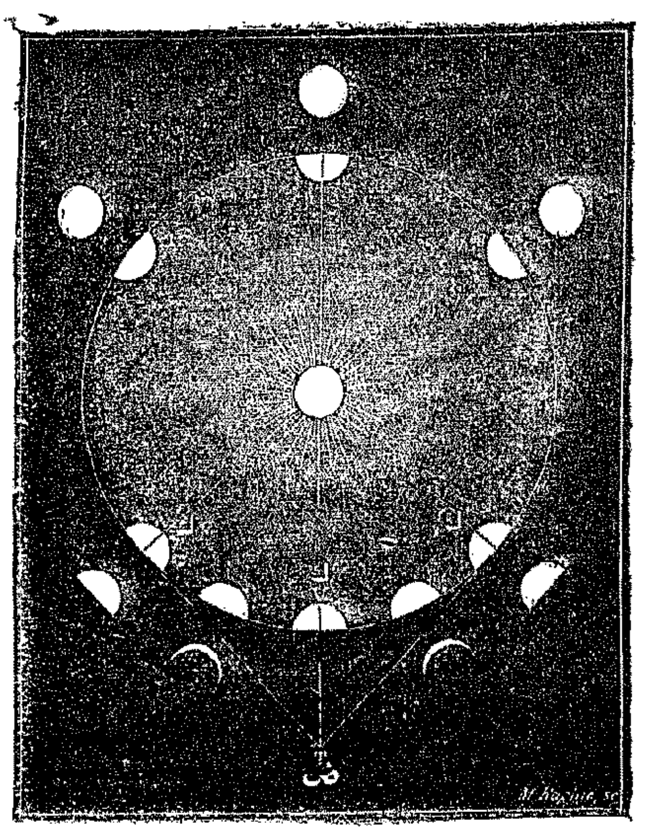
**١٩٣ — وقوف وتقهقر سيار سفلى** — تتحرك الارض فى فلكها فى جهة حركة الزهرا فى فلكها بسرعة أقل من سرعة الزهرا والقوس الذى ترسمه الكرة الارضية فى يوم أقل فى المقدار الزاوى وفى المقدار المطلق من القوس الذى ترسمه الزهرا فى الزمن بعينه والشعاع البصرى يظهر الزهرا حينئذ غربى الشمس دائما على بعد منها أقل منه لو بقيت الارض ثابتة وحيث ان سرعة الارض أقل من سرعة الزهرا دائما فيزداد تباعد الزهرا عن الشمس دائما وبسبب حركة الارض



ش ٨٨

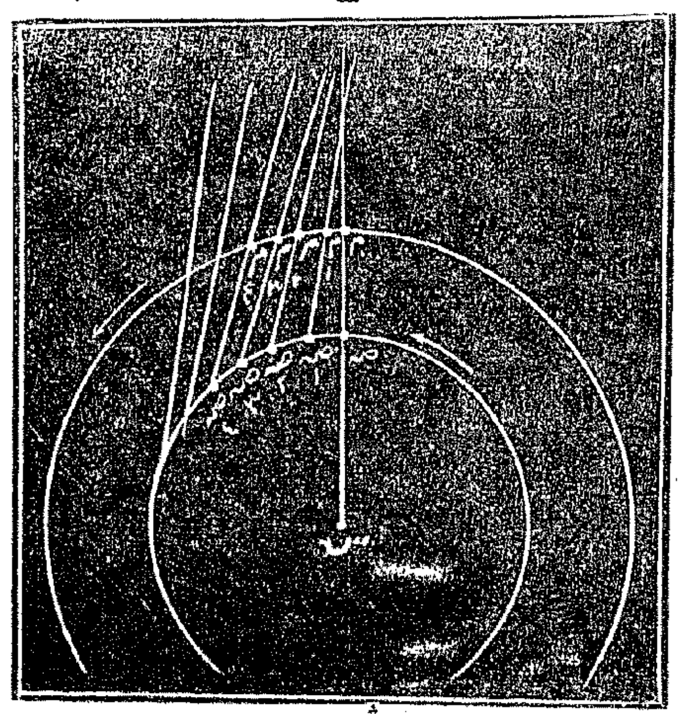
يصل السيار الى نهاية تباعده عن الشمس متأخرا وهى النهاية التى يظهر أنه واقف فيها ويكون ذلك حينما تصير الاشعة البصرية متوازية نحو الاوضاع صه١ ل١ (شكل ٨٨) للكوكبين وبهذا السبب بعينه يصير وقت الاجتماع العلوى ووقت الوقوف الذى يتبعه متأخرين لكن جهة الحركة والبعد المتغير للسيار عن الشمس يحفظان الظواهر بعينها كعند فرض عدم تحرك الارض

١٩٤ — أشكال السيارات السفلى — اذا نظر الى هذه السيارات بنظارات ظهرت ذات أشكال كأشكال القمر وذلك انه حينما يكون السيار فى الاجتماع السفلى فى ك (شكل ٨٩) يوجه نحو الارض نصف كرته المظلم و يصير غير منظور واذا لم يكن عرضه صغيرا جدا لا ينسقط على قرص الشمس على شكل بقعة سوداء مستديرة وفى وقت التربيعين أو فى النهاية العظمى لتباعده فى ك يوجه السيار نحو الارض نصف كرة نصفها مستنير ونصفها الآخر مظلم و فى الاجتماع العلوى يصير قرصا تاما مستضيئا الا اذا مرت الزهرا خلف قرص الشمس




ش ٨٩

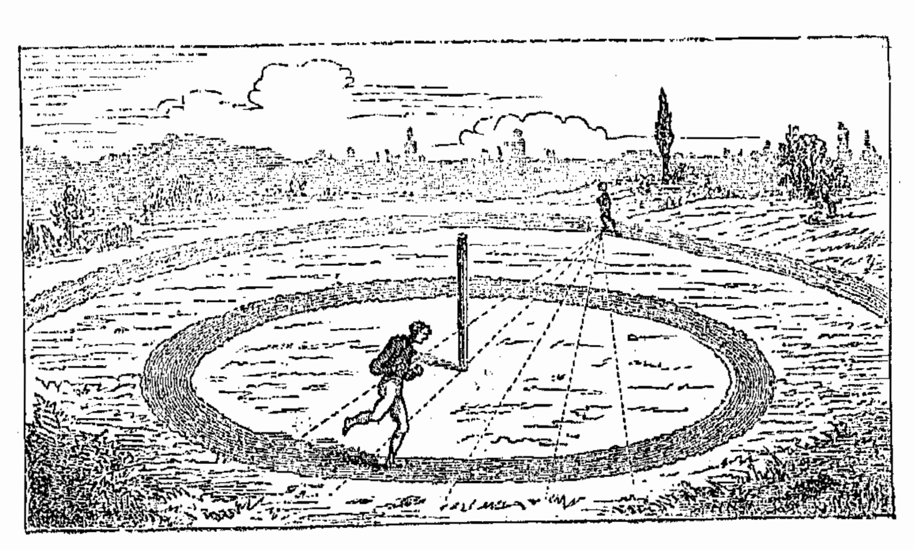
١٩٥ — وقوفات وتقهقرات سيار علوى — لنأخذ المريخ مثلا ونجعل نقطة لابتداء لحظة الاستقبال ففيها تكون الارض فى ص (شكل ٩٠) بين الشمس والمريخ على المستقيم الواصل بينهما والمريخ منظورا من الارض ينسقط على نقطة ما من القبة السماوية والمريخ والارض فى مدة الايام التى تلى الاستقبال يرسمان على مداريهما أقواسا ص ص و ص ص ... و م م و م م ... فى جهة واحدة من اليمين الى اليسار أو من الغرب الى الشرق لكن الاقواس التى يرسمها المريخ أقصر من التى ترسمها الارض بحيث ان الاشعة



ش ٩٠

البصرية ص١ م١ و ص٢ م٢ المارة على التوالى بالسيارين تتقابل القبة السماوية فى نقط موضوعة على يمين الوضع الاصلى للمريخ ويظهر السيار كأنه يتقهقر فى السماء مع ان سيره الحقيقى على مداره طردى وباستمرار حركة السيارين تتناقص سرعة الحركة الظاهرية التقهقرية حتى تنعدم وتصير الاشعة البصرية ص٣ م٣ و ص٤ م٤ متوازية وتقابل السماء فى نقطة واحدة مدة أيام قلائل ويظهر المريخ كأنه واقف وحيث ان الاقواس المرسومة بالسيارين قبل وبعد لحظة الاستقبال متماثلة بالنسبة للخط ص م الواصل بينهما فاذا حصل وقوف بعد الاستقبال بزمن ما بسبب حركتى السيار والارض معا حصل وقوف قبله

وباستمرار حركتى الارض والمريخ فى فلكيهما تتباعد الاشعة البصرية الواصلة بينهما بالثانى ولكن فى جهة عكسية بحيث ان وضع المريخ بالنسبة للنجوم يتغير شيأ فشيأ بسرعة وتصير الحركة طردية وتتزايد سرعتها الى الاجتماع



ش ٩١

ويمكن بيان وقوفات وتقهقرات السيارات بعملية بسيطة جدا وهى ان يغرس قائم ما فى فضاء متسع على أرض مستوية ويفرض هذا القائم الثابت هو الشمس وان شخصا يجرى حول هذا القائم ويرسم دائرة من اليمين الى اليسار بسرعة منتظمة (شكل ٩١) فالراصد الموجود خارج هذه الدائرة على بعد ما منها يرى رفيقه تارة امام القائم وأخرى خلفه على حسب رسمه أحد نصفى الدائرة ففى الحالة الاولى يظهر انه يدور من اليسار الى اليمين وفى الحالة الثانية من اليمين الى اليسار ويظهر له ان سرعته أعظم ما يكون فى لحظتى وجوده على خط مستقيم مع القائم وتصير معدومة فى اللحظتين اللتين يظهر فيهما ان جهة دورانه قد تغيرت فاذا فرض ان الراصد يسير فى نفس الجهة على الدائرة الكبرى الموجود هو عليها بسرعة أقل من سرعة الشخص

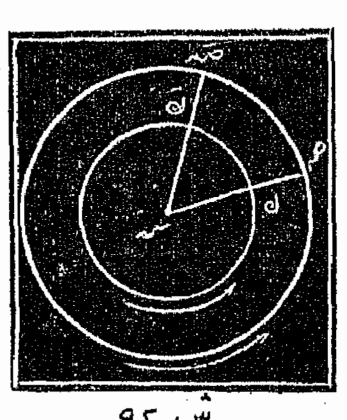
الآخر فان الظواهر تبقى بذاتها أعنى يحصل دائماً وقوفات وتقهقرات لكن مددها تستمر زمناً أطول وأيضاً فان القائم نفسه يظهر انه يدور حول الافق وتلك هى حالة سيار سفلى وبعكس الترتيب بجعل الراصد محل الشخص الذى يسير على الدائرة الصغرى يدل الراصد على الارض وحركة الشخص الآخر تدل على حركة سيار علوى

## الفصـــــل الثالث

### قوانين (كپلير) — قاعدة الجذب العام

**١٩٦** — الدورة النجمية لسيار — قد علم مما تقدم ان الدورة الاقترانية لسيار هى المدة التى تمضى بين رجوعين متواليين له لوضع واحد بالنسبة للشمس كرجوعه الى اجتماع واحد مثلاً ان كان السيار سفلياً أو الى استقبال أو اجتماع اذا كان السيار علوياً وقد ذكرنا مدد الدورات الاقترانية للسيارات الاصلية أما الدورة النجمية فهى الزمن الذى يصرفه السيار فى قطع مداره حول الشمس فاذا امتد من مركز الشمس الى السيار خط مستقيم أو نصف قطر بورى فان هذا الخط يقابل الكرة السماوية فى نقطة معينة أو فى نجمة معلومة فرجوع نصف القطر البورى الى نفس النجمة يعين انتهاء الدورة النجمية

ومدة الدورة النجمية تستنتج من مدة الدورة الاقترانية ونفرض اولاً سياراً سفلياً ثم نفرض لاجل السهولة ان مستويى مدارى السيار والارض منطبقان وان خطوط السير مستديرة وهو فرض يكاد أن لا يؤثر على النتائج المتحصلة وليكن لـ و صـ (شكل ٩٢) وضعى الكوكب والارض فى لحظة اجتماع فالسيار الاقرب الى الشمس من الارض يتحرك بسرعة أكبر من سرعتها وبناء عليه يتم دورته النجمية قبل الارض وحينما يرجع السيار الى لـ لا تكون الارض قد قطعت الاجزاء من خط سيرها ويلزم حينئذ زمن ليحصل الاجتماع مرة ثانية وليكن لـَ و صـَ وضعى السيار والارض فى الاجتماع التالى فنصف القطر البورى للسيار يكون قد رسم ٣٦٠° + لـ سـ لـَ وأما نصف القطر البورى للارض فلم يرسم سوى الزاوية صـ سـ صـَ وحينئذ اذا كان م مدة الدورة النجمية للارض و ن مدة الدورة الاقترانية للسيار و سـ مدة دورته النجمية يحصل بداهة



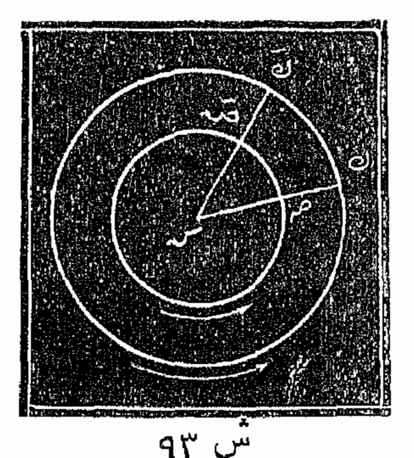
ش ٩٢

زاوية صـ سـ صـَ = ٣٦٠ × ن / م

وبالتبعية

$$\frac{\text{س}}{\text{ن}} = \frac{٣٦٠}{٣٦٠ + \frac{٣٦٠ \times \text{ن}}{\text{ر}}} \qquad \text{ومنه} \qquad \text{س} = \frac{\text{ن}}{١ + \frac{\text{ن}}{\text{ر}}}$$

فاذا كان السيار علويا تكون سرعته الزاوية أقل من السرعة الزاوية للارض بحيث ان الارض تتم دورتها النجمية قبل السيار ومن استقبال الى الاستقبال التالى له يقطع نصف القطر البورى للارض ٣٦٠° + ص س صَ وأما نصف القطر البورى للسيار فلا يرسم الا زاوية ئ س ئَ (شكل ٩٣) وبموجب ما سبق مع بقاء الرموز كما هى يحدث



ش ٩٣

$$\text{ص س صَ} = \frac{٣٦٠ \times \text{ن}}{\text{ر}} - ٣٦٠ \quad \text{و}$$

$$\frac{\text{س}}{\text{ن}} = \frac{٣٦٠}{\frac{٣٦٠ \times \text{ن}}{\text{ر}} - ٣٦٠}$$

ومنه

$$\text{س} = \frac{\text{ن}}{\frac{\text{ن}}{\text{ر}} - ١}$$

١٩٧ — قوانين (كپلير) — الغرض منها — حيث علمت مدد الدورات النجمية للسيارات وان الشمس هى المركز المشترك بين مداراتها لم يبق سوى تعيين الشكل الهندسى للمدارات المذكورة المستخرج من تغير بعد كل كوكب عن الشمس وتعيين قانون السرع التى تتحرك بها السيارات مدة كل دورة من دوراتها والنسبة الموجودة بين مدد الدورات النجمية وابعاد المدارات و (كپلير) هو الذى اكتشف القوانين التى تستلزمها حركات السيارات وهى ثلاثة

القانون الاوّل — شكل مدارات السيارات — جميع السيارات ترسم حول الشمس فى جهة واحدة منحنيات مقفلة مستديرة تقريبا مستوياتها مائل بعضها على بعض قليلا

والقانون الاوّل يختص بشكل المدارات ونصه ان مدار كل سيار قطع ناقص تشغل الشمس احدى بورتيه

وقد علم فيما سبق ان ذلك هو شكل مدار الارض المعين بتغيرات بعدها عن الشمس أو بالتغيرات التى تحصل للقطر الظاهرى للشمس فى مدة سنة

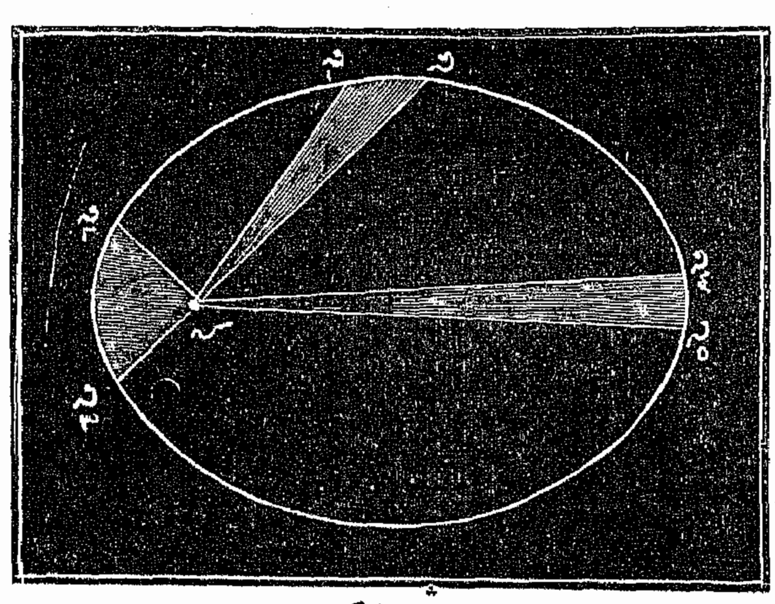
وشكل القطع الناقص يتعلق باختلاف المركز وهو النسبة بين بعد مركز المنحنى عن بورته و بين نصف المحور الاكبر وتكبر استطالة القطع الناقص كلما كبرت هذه النسبة و يقرب من

الدائرة كلما صغرت فدارات الزهرا ونبتون والارض هى تقريبا مستديرة وأما عطارد وجملة من السيارات الصغرى فاختلاف مركز مداراتها عظيم

وينتج بداهة من القانون الاول من قوانين (كبلير) ان بعد سيار عن الشمس يتغير دائما فى مدة دورة وان هذا البعد يأخذ جميع المقادير المحصورة بين مقدارين نهائيين مطابقين لوضعين يشغلهما السيار حينما يوجد فى طرفى المحور الاكبر للمدار ويسمى الوضعان المذكوران الرأس والذنب والبعد المتوسط هو المساوى نصف المحور الاكبر للقطع الناقص

١٩٨ — القانون الثانى — قانون المساحات — المساحات المرسومة بانصاف الاقطار البورية لسيار حول البورة الشمسية مناسبة للازمنة المستعملة لقطعها

وبيان ذلك انه اذا فرضنا جملة أقواس مقطوعة بسيار فى أزمان متساوية وذلك فى أوقات مختلفة مثل الاقواس ق ق١ و ق٢ ق٣ و ق٤ ق٥ (شكل ٩٤) فحيث ان سرعة السيار متغيرة غير منتظمة تكون أطوال الطرق الثلاث المقطوعة ليست متساوية أما المثلثات التى هى مثل ق٤ س ق٥ التى قواعدها مرسومة فى أزمان متساوية فانها تكون متكافئة وعليه فاذا صارت المدد الضعف أو ثلاثة الامثال أوالخ فان مساحة المثلثات المتكونة بانصاف الاقطار البورية تصير الضعف أو ثلاثة الامثال أوالخ



ش ٩٤

وينتج من هذا القانون ان الاقواس المرسومة فى أزمنة متساوية تكون صغيرة كلما كان السيار بعيدا عن الشمس وتكون كبيرة كلما كان قريبا منها وبعبارة أخرى ان سرعة السيار تزداد بنقص بعده عن البورة وتكون فى نهايتها الصغرى فى الذنب وفى نهايتها العظمى فى الرأس والقانونان السابقان لا ينطبقان على مدارات السيارات الاصلية فقط بل وعلى مدارات التوابع فالمدار الذى يرسمه القمر حول الارض باعتبارها ثابتة هو قطع ناقص تشغل الارض احدى بورتيه ويرسمه بسرعة بحيث اذا قسم مداره الى أجزاء مرسومة فى أزمنة

متساوية فان جميع المثلثات المتكونة من انصاف الاقطار البورية القمرية فى هذه الاوضاع المختلفة تكون متكافئة

**١٩٩** — القانون الثالث — مربعات مدد دورات السيارات حول الشمس مناسبة لمكعبات ابعادها المتوسطة عنها أو لمكعبات المحاور الكبرى لمداراتها

فاذا كان أ و أَ و أً مقادير المحاور الكبرى لمدارات السيارات و م و مَ و مً و ... مدد دوراتها النجمية فان القانون الثالث المذكور يبين بهذه الصورة

$$\frac{م^{٢}}{أ^{٣}} = \frac{م'^{٢}}{أ'^{٣}} = \frac{م''^{٢}}{أ''^{٣}} = ك$$

و ك عدد ثابت مقداره ١٣٣٤٠٠ تقريبا اذا أخذ البعد المتوسط للارض عن الشمس وحدة للابعاد واليوم الوسطى وحدة للزمن

وبواسطة القانون المذكور يكفى معرفة مدد دورات السيارات لتستخرج منها ابعادها المتوسطة عن الشمس أو مقادير محاورها الكبرى منسوبة الى أحدها المأخوذ وحدة

فاما مدد الدورات النجمية للسيارات الاصلية مبينة بأيام وسطية أو بسنين نجمية أرضية فهى

| أسماء السيارات | عدد الايام | أسماء السيارات | عدد الايام |
|---|---|---|---|
| عطارد ...... | ٨٧٫٩٦٩ | المشترى .... | ٤٣٣٢٫٥٨٥ |
| الزهرا ..... | ٢٢٤٫٧٠١ | زحل ...... | ١٠٧٥٩٫٢٢٠ |
| الارض .... | ٣٦٥٫٢٥٦ | اورانوس .... | ٣٠٦٨٦٫٨٢١ |
| المريخ ...... | ٦٨٦٫٩٨٠ | نبتون ...... | ٦٠١٢٦٫٧٢٠ |

وأما الابعاد المتوسطة لها عن الشمس بدلالة البعد المتوسط للارض عنها المأخوذ وحدة فهى

| أسماء السيارات | بعد متوسط | أسماء السيارات | بعد متوسط |
|---|---|---|---|
| عطارد ...... | ٠٫٣٨٧ | المشترى .... | ٥٫٢٠٣ |
| الزهرا ..... | ٠٫٧٢٣ | زحل ....... | ٩٫٥٣٩ |
| الارض ...... | ١٫٠٠٠ | اورانوس .... | ١٩٫١٨٣ |
| المريخ ...... | ١٫٥٢٤ | نبتون ...... | ٣٠٫٠٥٥ |

٣٠٠ — قاعدة الجذب العام — قد ظهر (نوتن) بعد (كپلير) وبين ان القوانين الثلاثة المتقدمة ناتجة بالطبع من قاعدة الجذب العام

فالجذب العام أو الجذب هو قوة تنقاد لها جميع الاجسام السماوية وتتأثر بها والتثاقل فى سطح الارض ليس الانوعا منها

وقد استنتج (نوتن) من قاعدة القصور الذاتى للمادة التى تستلزم كون حركة الجسم المطلق بالضرورة مستقيمة منتظمة ان السيارات التى حركاتها ليست منتظمة ولا مستقيمة يجب ان تكون متأثرة بقوة خارجة وأثبت بثانى قوانين (كپلير) ان القوة الحافظة للسيارات فى أفلاكها لابد وان تتجه نحو الشمس واستنتج أيضا من القانون الاول ان القوة المذكورة تختلف شدتها فى نقط القطع الناقص وانها مناسبة لعكس مربعات ابعاد السيار عن بورة الجذب وبمقارنة القوى المركزية التى تحفظ السيارات فى مداراتها المتناظرة بعضها ببعض يعلم ان قانون التغير العكسى لمربع الابعاد جار فى سائر السيارات وأيضا القانون الثالث أظهر (لنوتن) ان هذه القوى مناسبة لجسمات الاجسام الواقعة هى عليها

وقد لخص (نوتن) كل ما اكتشفه من قوانين (كپلير) وقال بقاعدة الجذب العام ونصه «جميع أجزاء المادة ينجذب بعضها الى بعض بقوة مناسبة طردا لجسماتها وعكسا للمربعات ابعاد بعضها عن بعض» فاذا رمز بحرف ق للقوة التى بها وحدة الجسم تؤثر على وحدة الجسم فى وحدة البعد فقدار الجذب بين جرمين سماويين كالشمس وسيار مثلا جسمهما م و م َ وبعدهما ى يكون مبينا بالمقدار $\frac{ق\, م\, م َ}{ى^٢}$

وحركات التوابع حول سياراتها وحركات ذوات الاذناب حول الشمس تجرى فيها قوانين (كپلير) وكذلك قانون الجذب العام

---

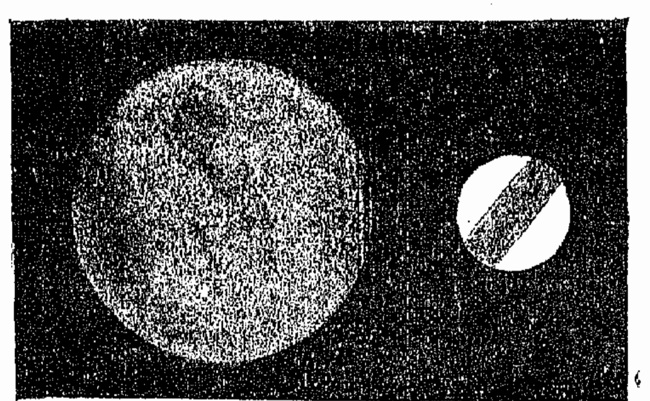
## الفصل الرابع

### وصف السيارات الاصلية

٣٠١ — عطارد — عطارد هو أقرب السيارات الى الشمس ويتم دورته حولها فى ٨٨ يوما وسطيا تقريبا وبعده المتوسط عنها المساوى $\frac{٤}{١٠}$ البعد المتوسط للارض عنها (٠٫٣٨٧) هو تقريبا ٥٧ مليون كيلومترا واختلاف مركز مداره هو ٠٫٢٠٦ فهو أكثر مدارات السيارات استطالة

واذا نظرت الشمس من عطارد وهو فى بعده المتوسط عنها تظهر اكبر مما لو نظرت من الارض سبع مرات ويستنتج من ذلك ان شدة ضوئها وحرارتها تكون فيه أعظم مما فى الارض سبع مرات

وعطارد فى وقت الاجتماع السفلى كثيرا ما يمر امام قرص الشمس و ينسقط على شكل بقعة صغيرة مستديرة ولذا انتخبت هذه اللحظة لقياس قطره الظاهرى وللتأكد من شكله واستخرجت من هذه الاقيسة ابعاده الحقيقية وتبطيطه و (شكل ٩٥) يبين نسبته الى الارض



ش ٩٥ عطارد والارض

فهو كروى كالارض وتبطيطه ضعف تبطيطها تقريبا وقدروه $\frac{1}{150}$ و بجعل نصف قطر الارض وحدة ، يكون تبطيطه ٢٣٧٠ كيلومترا تقريبا

وحجم عطارد يعادل ٠,٠٥٢ من حجم الارض ويدور عطارد حول نفسه ومدة الدورة ٢٤ س ٥ د واذا نظر بالنظارات ظهرت له أشكال كالقمر والمحور الذى يدور حوله مائل جدا على مستوى فلكه وينتج عن ذلك تغيرات عظيمة فى المدد المتتابعة لليل والنهار و فى حرارة الفصول

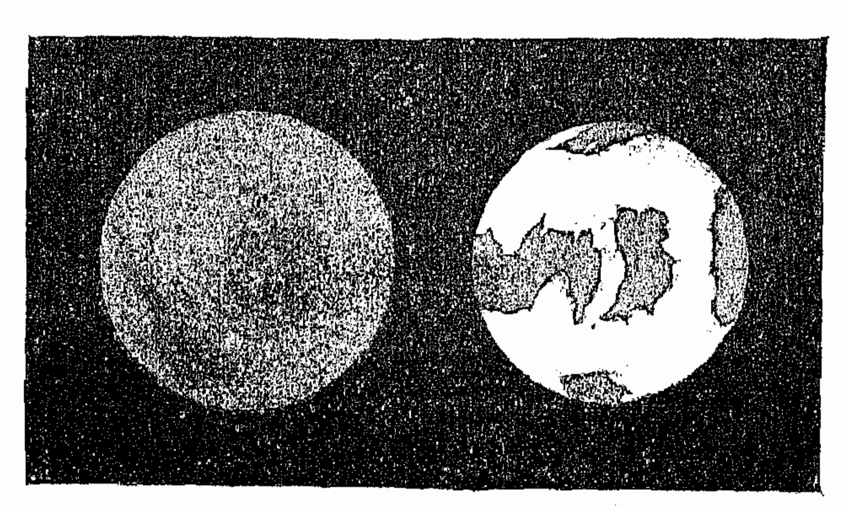
والفلكى (اسكروتر) لما رصد أحد مرورات عطارد فى ٧ مارث سنة ١٧٩٩ زعم أنه رأى على قرصه الاسود نقطة مضيئة فان صح هذا الرصد استنتج منه وجود براكين على سطحه فى حالة التهاب واكتشف أيضا وجود جبال فيه وقدر ارتفاع أشمخها ووجده $\frac{1}{126}$ من نصف قطره

٣٠٣ — الزهرا — (شكل ٩٦) تدور الزهرا فى فلك مستو تقريبا على بعد من الشمس يقرب من ١٠٧ مليون كيلومترا و بعداها وهى فى الرأس وفى الذنب يختلفان عن بعضهما بقدر ١٥٠٠٠٠٠ كيلومترا وقرص الشمس منظورا من الزهرا أكبر مما نراه من الارض مرتين تقريبا و يكون حينئذ ضوؤها وحرارتها على الزهرا ضعفهما على الارض

ويتغير القطر الظاهرى للزهرا كثيرا لان ابعادها عن الارض متغيرة كثيرا أيضا

وأما الابعاد الحقيقية لها فانها قريبة جدا من ابعاد الارض فنصف قطر الزهرا يساوى ٠,٩٩ تقريبا من نصف قطر خط الاستواء الارضى ومقداره ٦٥٧٢ كيلومترا وحجمها يساوى ٠,٩٧٥ من حجم الارض المأخوذ وحدة ولم يمكن قياس تبطيط كرتها الان التشعع الحادث من ضياء نورها يصعب الاقيسة جدا و برصد بعض كلفات من قرصها علم ان لها حركة

دورانية حول محورها مدتها ٢١ د ٢٣ س ويميل محور الدوران على مستوى فلكها بقدر ٥٠° وهو أكبر من ميل محور الارض ويلزم من ذلك حصول تغيرات عظيمة فى مدد الايام والليالى وفى الفصول



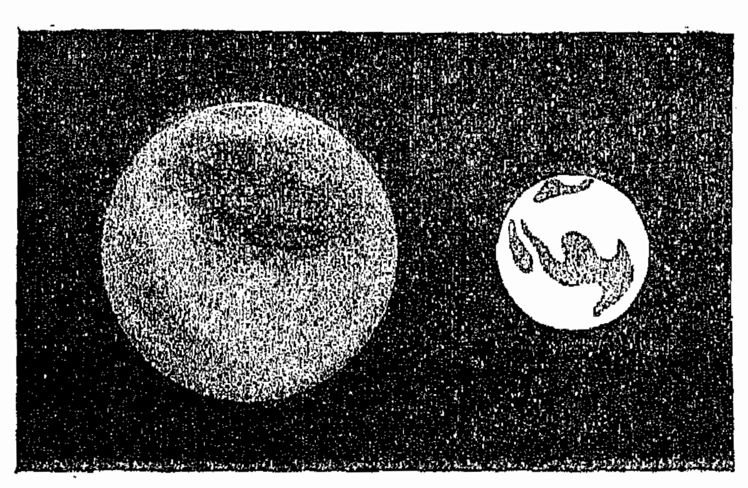
ش ٩٦ الزهرا والارض

وتمرّ الزهرا كعطارد على قرص الشمس فى بعض اجتماعاتها السفلى وهذه المرورات المشهورة عند الفلكيين حيث انها مستعملة لقياس اختلاف منظر الشمس أندر كثيرا من مرورات عطارد فلا تحصل الامرتين فى القرن تقريبا وآخر مرورين صار رصدهما أحدهما كان فى ٨ ديسمبر سنة ١٨٧٤ والآخر فى ٦ ديسمبر سنة ١٨٨٢ ولا يحدث غيرهما قبل سنة ٢٠٠٤ وفى مرور سنة ١٧٦١ ظهر قرصها الاسود محاطا بحلقة سحابية وكذلك حينما كان جزء منها على الشمس والجزء الآخر خارجا رؤى حلقة مضيئة على دائر القوس الخارج ومن هاتين المشاهدتين قالوا بوجود جوّ سميك حول كرتها وعدم انتظام الخط الفاصل بين الظل والنور فى أشكال الزهرا قد أدى الى فرض انها ذات جبال شاهقة فى الارتفاع ويظن أن بعضها يصل ٤٤ كيلومترا

**٣٠٣ — المريخ** (شكل ٩٧) — السيار الذى يلى الزهرا بالنسبة للشمس هو الارض وقد سبق الكلام عليها والذى يليها هو المريخ وبعده المتوسط عن الشمس قدر بعد الارض عنها مرة ونصف ومقداره ٢٢٥ مليون كيلومترا تقريبا ومقدار بعده فى الرأس ٢٤٦ مليون كيلومترا وفى الذنب ٢٠٣ مليون كيلومترا واختلاف مركز مداره ٠,٠٩٣ قدر اختلاف مركز مدار الارض ست مرات تقريبا

وبعد المريخ عن الارض يتغير كثيرا ويتأكد من ذلك برصد قطره الظاهرى بواسطة التلسكوب ففى لحظة الاستقبال يكون هذا القطر فى نهايته العظمى ويكون بعد المريخ عن الارض

وقتئذ فى نهايته الصغرى ويرى قرص المريخ من الارض ذا أشكال ولا يظهر وقت البدر كامل الاستدارة بل يشابه قرص القمر قبل أو بعد البدر بيومين أو ثلاثة



ش ٩٧ المريخ والارض

ومقدار القطر الظاهرى للمريخ يساوى ٥٤ر٠ من قطر الارض تقريبا أعنى يساوى ٦٨٠٠ كيلومترا و بأخذ حجم الارض وحدة يكون حجم المريخ مساويا ١٤٧ر٠ وكرة المريخ ناقصية ومقدار تبطيطها $\frac{1}{50}$ أو $\frac{1}{32}$ على رأى بعض الراصدين وهو قدر تبطيط الارض ٦ أو ٩ مرات

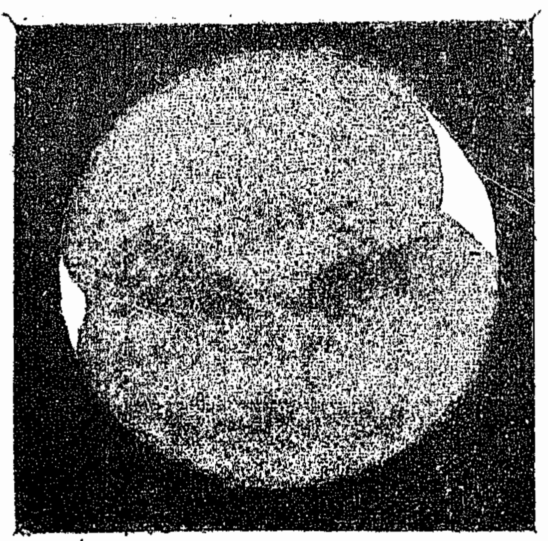
واذا نظر الى قرص المريخ بنظارات عظيمة وجد على سطحه كلفات مستديمة ذات حركة فى جهة واحدة وهذا دليل على تحرك كرة المريخ حول أحد أقطارها ومدة هذه الدورة ٢٤^س ٣٧^د وبمقارنة هذا العدد بعدة دورته السنوية يوجد أن مدة الدورة السنوية مركبة من ٦٦٩ يوما نجميا للمريخ ومحور دورانه مائل على مستوى فلكه بقدر ٦١° ١٨َ

٣٠٤ — أقمار المريخ — كافة — يوجد للمريخ قمران اكتشفا فى أغسطس سنة ١٨٧٧ فأقربهما اليه وهو (فوبوس) يرسم مداره فى ٧ ساعات و ٣٩ دقيقة وأبعدهما (ديموس) يتم دورته فى ١^ي ٩^س ١٨^د

وبفحص قرص المريخ بالنظارة قد اكتشفت فيه كلفات لامعة ذات لون لطيف الاحمرار وكلفات أخرى مظلمة ذات لون أزرق شكلها الغير متغير تقريبا يستدعى وجود بحار وقارات وخلاف هذه الكلفات المستديمة قد اكتشفت كلفات مظلمة تتغير بسرعة فى الشكل والوضع ولا شك فى انها كتل سحابية تتحرك فى جو السيار

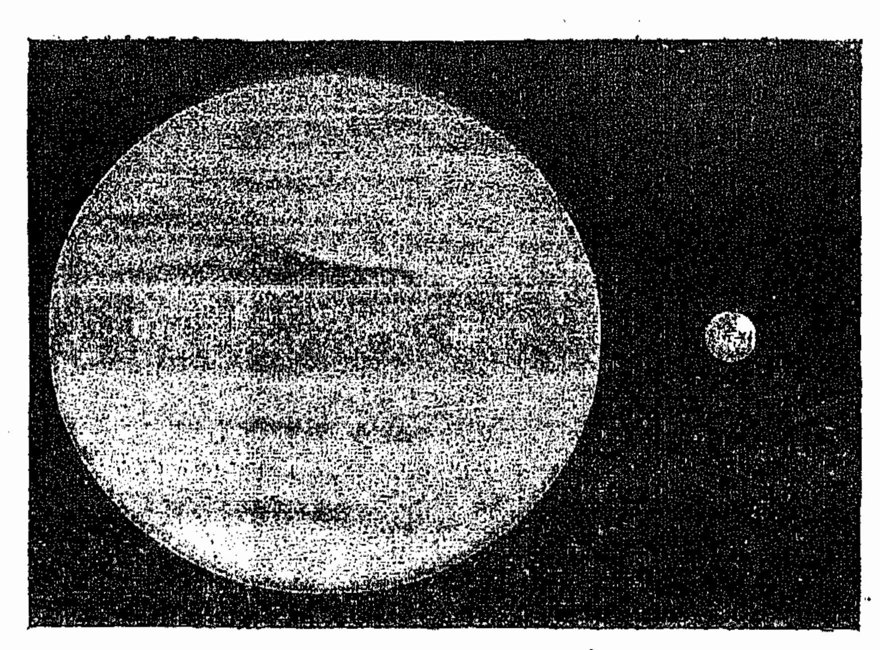
وأيضا يظهر أن طرفى محور دورانه أو قطبيه مغطيان بكلفات بيضاء ذات ضوء أعظم من الاجزاء اللامعة الاخرى من القرص (شكل ٩٨) وامتداد هاتين القطعتين القطبيتين متغير أيضا

وقد شوهد أن ازديادهما ونقصهما مناسب لوضع كل قطب فى مقابلة الشمس فمدة شتاء كل نصف كرة تمتد الكلفات القطبية المطابقة على العروض المجاورة للمنطقتين المعتدلتين شيأ فشيأ وفى مدة الصيف تتناقص وتؤل الى دائرة ذات امتداد قليل مركزها القطب وجميع هذه الظواهر أدّت الى القول بان جوّ المريخ مشحون بأبخرة كجوّ الارض وهذه الابخرة تتكاثف فى الشتاء وتصير ثلجا بحيث يوجد منطقتان مغطاتان بالثلج والجليد كما يوجد على الارض



ش ٩٨

٣٠٥ — المشترى — ابعاده — المشترى هو أكبر جميع السيارات وحجمه قدر حجم الارض ١٣٠٠ مرة وقطره يساوى ١٤٠٠٠٠ كيلومترا فهو قدر قطر خط الاستواء الارضى ١١ مرة وبعده المتوسط عن الشمس يساوى ٧٧٠ مليون كيلومترا واختلاف مركز مداره ثلاثة أمثال اختلاف مركز مدار الارض (شكل ٩٩)



ش ٩٩ المشترى والارض

وباختبار قرص المشترى بالنظارة لاترى له أشكال ويظهر تبطيطه جليا وقد قدروه بالمقدار $\frac{1}{18}$ وهو أكبر من تبطيط الارض بقدر ١٧ مرة تقريبا . ويوجد مخططا على قرص المشترى

أحزمة كبيرة مظلمة فستنير وباختبارها يعلم ان لها حركة دورية ذات مدة ثابتة تستلزم وجود حركة دورانية للسيار حول أحد أقطاره وقد وجد أن مدة هذه الدورة ٥٦د ٩س والحركة حاصلة حول قطر عمودى على الاتجاه العمومى للاحزمة ومار بالقطبين الحاصل فيهما التبطيط ومحور دوران المشترى مائل بقدر ٨٧° على مستوى فلكه وسنة المشترى تعادل اثنتى عشرة سنة من السنين الارضية وللمشترى جو يظن انه سميك جدا والاحزمة اللامعة من قرصه يحتمل انها كتل سحابية واتجاهها الموازى لخط الاستواء يلزم أن يكون ناشئا عن رياح مشابهة للرياح الارضية المنتظمة

ويحاط المشترى بأربعة أقمار تظهر فى النظارات كنجوم صغيرة تتذبذب فى جهتى قرصه فتمر امام القرص وخلفه أو فى المخروط الظلى الذى يحذفه السيار فى الفراغ وتحتجب عن النظر عند ذلك وتحدث حادثة الكسوف .

وهاك جدولا بأسماء وابعاد ومدد دورات الاقمار الاربعة

| أسماء | ابعاد مقدرة بنصف قطر المشترى | ابعاد بالفرسخ الذى مقداره ٤ كيلومترا | مدد الدورات |
| --- | --- | --- | --- |
| | | | د س ى |
| يو ......... | ٥,٩٣ | ١٠٣٧٥٠ | ٢٧ ١٨ ١ |
| يوروبا ........ | ٩,٤٤ | ١٦٥٠٠٠ | ١٤ ١٣ ٣ |
| جانيميد ........ | ١٥,٠٦ | ٢٦٣٥٠٠ | ٤٣ ٣ ٧ |
| جاليستو ...... | ٢٦,٤٩ | ٤٧٤٠٠٠ | ٣٢ ١٦ ١٦ |

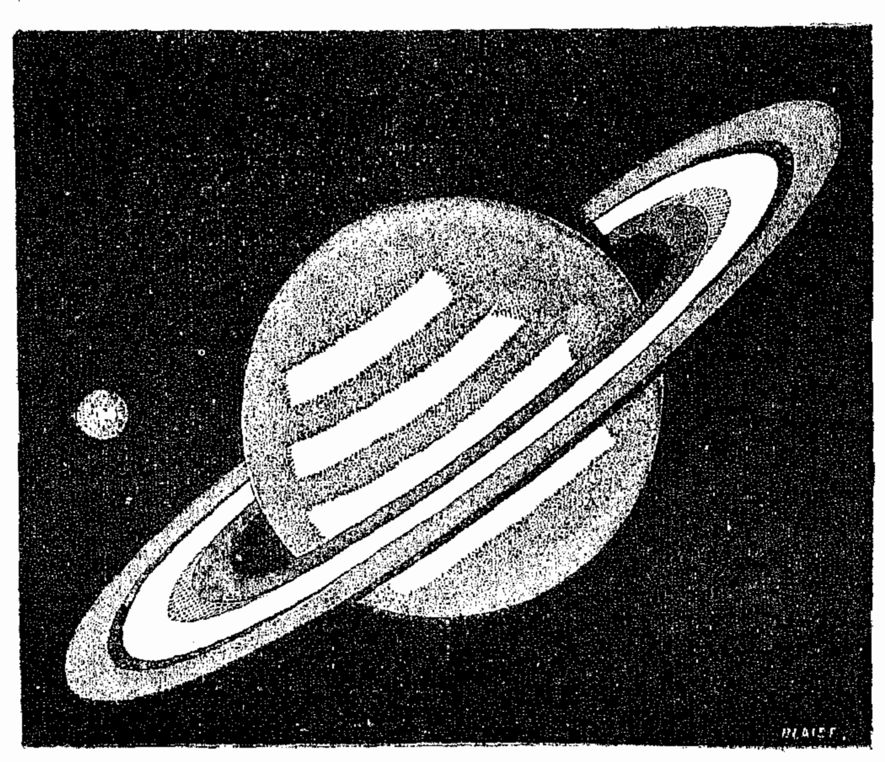
والتابع الثانى هو الاقل حجما من القمر والثالث أكبرها وهو أكبر من $\frac{٢}{٣}$ حجم عطارد

٣٠٦ — زحل — بعده عن الشمس والارض — يمتاز زحل من بين السيارات بالحلقة أو جملة الحلقات ذات المركز الواحد المنفصلة عن الكرة وانما تدور حوله فى مستوى خط استوائه (شكل ١٠٠)

والبعد المتوسط لزحل عن الشمس هو قدر بعد الارض عنها تسع مرات ونصف أعنى ١٤٠٠ مليون كيلومترا تقريبا ولكون مداره ناقصيا يكون بعده عنها وهو فى الرأس ١٤٩٠٠٠٠٠٠٠ كيلومترا وفى الذنب ١٣٣٠٠٠٠٠٠٠ كيلومترا واختلاف مركز مداره أكبر من ثلاثة أمثال اختلاف مركز مدار الارض (٠,٠٥٦)

ولاجل أن يقطع زحل هذا المدار العظيم يلزم له ١٠٧٥٩ يوماً أعنى ٢٩ سنة ونصف تقريبا وحجم زحل قدر حجم الارض ٧١٨ مرة وقطره الاستوائى هو ٩٫٢٩٩ بأخذ نصف قطر الارض وحدة ومقدار نصف قطره هو ٥٩٠٠٠ كيلومترا تقريبا

وزحل كبير التبطيط وقد قدرت زيادة قطره الاستوائى على قطره القطبى بالكسر ١/١٠ وبرصد زحل بالنظارات علم ان قرصه مخطط بأحزمة مظلمة فستضىء وحيث انه يوجد عدم انتظام (أى بروزات) فى بعض نقط من الاحزمة ترجع بالدوران الى نفس أوضاعها استنتج من ذلك مدة الحركة الدورانية للسيار ومقدارها ١٠ س ١٤ د ٢٤ ث




ش ١٠٠ زحل والارض

ومحور الدوران مائل على مستوى المدار بقدر ٦٤° تقريبا وحينئذ فزحل يوجه نحو الشمس كلا من قطبيه على التوالى وتنتج من ذلك فصول مشابهة لفصولنا وكل فصل من فصوله تزيد مدته عن سبع سنين من السنين الارضية

٣٠٧ — مجموعة حلقات زحل — اكتشاف حلقات زحل منسوب الى (اوجينس) وهى تتركب من ثلاث حلقات ذات عروض غير متساوية سمكها رقيق جدا فالحلقة الخارجة وهى أبعدها عن السيار منفصولة عن الحلقة المتوسطة بفراغ وأما الحلقة الداخلة وهى الاقرب الى السيار فتظهر ملاصقة للثانية فالحلقة الوسطى وهى ألمع الثلاثة هى أكثر استضاءة

من كرة زحل والحلقة الخارجة لها لون سحابي مثل الاحزمة المعتمة من القرص تقريبا وكلا هاتين الحلقتين مظلمتان وتحذفان على زحل ظلا ظاهرا جدا وأما الحلقة الداخلة فبالعكس مظلمة شفافة فتظهر امام كرة زحل كحزام معتم لكن منها يرى الجزء المستضيء من القرص

وابعاد هذه المجموعة عظيمة ومجموع عروض هذه الحلقات يعادل نصف قطر زحل نفسه أعني ٦٠٠٠٠ كيلومترا تقريبا وأما سمكها فقليل وقد قدره (هرشل) بانه لا يزيد عن ٢٠٠ فرسخ واذا رصدت حلقات زحل من الارض تظهر بمناظر مختلفة جدا فتارة تظهر كبيضاوي كبير مستنير يحيط بجميع السيار تقريبا وتارة تضيق شيأ فشيأ ولا يبقى منها سوى خيط مستنير يحيط بالقرص وأحيانا تختفي بالكلية

ولزحل ثمانية أقمار وهاك جدولا بأسمائها وأبعادها عن مركز السيار ومدد دوراتها النجمية

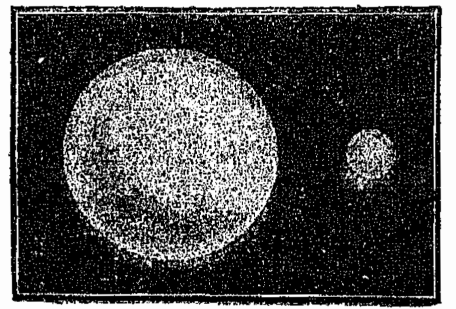
| أسماء | بعد مقدر بنصف قطر زحل | ابعاد بالكيلومتر | مدد الدورات |
|---|---|---|---|
| | | | ي س د |
| مماس ........ | ٣,١١ | ١٨٥٠٠٠ | ٠ ٢٢ ٣٧ |
| انسلاد ....... | ٣,٩٨ | ٢٤٠٠٠٠ | ١ ٨ ٥٣ |
| تيتس ........ | ٤,٩٥ | ٢٩٤٠٠٠ | ١ ٢١ ١٨ |
| ديوني ........ | ٦,٣٤ | ٣٧٦٠٠٠ | ٢ ١٧ ٤١ |
| ريا ......... | ٨,٨٦ | ٥٢٥٠٠٠ | ٤ ١٢ ٢٠ |
| تيتان ........ | ٢٠,٤٨ | ١٢١٤٠٠٠ | ١٥ ٢٢ ٤١ |
| هيپريون ...... | ٢٥,٠٧ | ١٤٨٦٠٠٠ | ٢١ ٦ ٣٩ |
| يايت ........ | ٥٩,٥٨ | ٣٥٣٣٠٠٠ | ٧٩ ٧ ٥٤ |

وأضوأها وأكبرها هو تيتان وقطره ٥٣٠٠ كيلومترا فيكون حجمه قدر حجم القمر ثلاث مرات

٣٠٨ — اورانوس واستكشافه — في ١٥ مارث سنة ١٧٨١ بين الساعة ١٠ و ١١ ليلا بينما كان المعلم (هرشل) يبحث بالنظارة صورة الجوزا اكتشف نجمة قطرها كبير ولها حركة خاصة هي السيار اورانوس فاورانوس له ضوء نجمة من القدر السادس ويرى بالعين العارية وأما الصغر الذي فيه فهو نسبي وينشأ عن كبر بعده المتوسط عن الشمس وبالتبعية

عن الارض وعن قلة الضوء الذى تبعثه له الشمس ولو نظر اليه بنظارة عظيمة فان شكل قرصه المستدير يصير واضحا ويمكن تقدير قطره الظاهرى

والمدار الذى يرسمه اورانوس حول الشمس قطع ناقص اختلاف مركزه ثلاثة أمثال اختلاف مركز مدار الارض تقريبا ولذا انه أثناء مدة دورته البالغة ٨٤ سنة تقريبا أو ٣٠٦٨٧،٧ يوما بالضبط يتغير بعده عن الشمس دائما والنهاية العظمى لهذا البعد هى ٧٤٠ مليون فرسخ والنهاية الصغرى له ٦٧٥ مليون فرسخا والبعد المتوسط ٧٠٨ مليون فرسخ وحجم اورانوس قدر حجم الارض ٦٩ مرة وقطر كرته ٤،٢٥ بأخذ قطر الارض وحدة (شكل ١٠١)



ش ١٠١ اورانوس والارض

ومقدار تبطيط كرة اورانوس هو $\frac{1}{١١}$ ومدة دورته حول أحد أقطاره قد قدّر وهاحديثا ١٢ ساعة تقريبا

ولاورانوس أربعة أقمار وهاك جدولا بأسمائها وابعادها عن مركزه ومدة دورانها حوله

| أسماء | ابعاد مقدره بنصف قطر اورانوس | ابعاد بالكيلومتر | مدد الدورات د | س | ى |
|---|---|---|---|---|---|
| اريل .......... | ٧،٧٢ | ٢٠٨٠٠٠ | ٢٩ | ١٢ | ٢ |
| أمبريل ....... | ١٠،٧٦ | ٨٠٠٥٠٠ | ٢٧ | ٣ | ٤ |
| تيتانيا ........ | ١٧،٦٥ | ٤٨٠٠٠٠ | ٥٦ | ١٦ | ٨ |
| اوبرون ....... | ٢٣،٦٠ | ٦٤٩٠٠٠ | ٧ | ١١ | ١٣ |

**٣٠٩ — نبتون —** بعده المتوسط عن الشمس قدره ١١٠٧٠٠٠ فرسخ وهو أبعد السيارات ومداره القريب من الدائرة الذى يرسمه حول الشمس متسعا كثيرا فلا يتم دورته فى أقل من ١٢٥ سنة

وتكرار المباحث الذى أجراها جملة من الفلكيين فى أسباب الاضطرابات الحاصلة فى سير (اورانوس) أدّاهم الى ان ينسبوا هذه الاضطرابات الى سيار مجهول استنادا على نظرية الجذب العام وقد تمت المباحث واكتشف (نبتون) فى ٣١ أغسطس سنة ١٨٤٦

(ونبتون) لا تمكن رؤيته بالعين العارية وبالنظارات يظهر كنجمة من القدر الثامن وبقياس

القطر الظاهري له أمكن تعيين ابعاده الحقيقية ومعرفة أن قطره يساوي ٣٫٨٠ اذا أخذ قطر الارض وحدة وأما تخطيط كرته فغير معلوم وحجمه قدر حجم الارض ٥٥ مرة تقريبا (ولنبتون) تابع واحد يتم دورته حوله في خمسة أيام واحدى وعشرين ساعة

٢١٠ — اكتشاف السيارات التلسكوبية — قد ذكرنا فيما سبق انه قبل أواسط القرن الثامن عشر كان عدد السيارات المعروفة ستة وقد صارت ثمانية وفي اليوم الاول من القرن التاسع عشر أعني أول يناير سنة ١٨٠١ اكتشف الفلكي (بيازي) سيارا جديدا اسماه سيرس يدور حول الشمس على مدار محصور بين مداري المريخ والمشتري

ومن سنة ١٨٠٢ الى ١٨٠٧ استكشفت ثلاثة سيارات أخرى وهي (بلاس) و(جونون) و (فستا) فالاثنان الاولان موجودان بين المشتري والمريخ مثل سيرس وعلى بعد من الشمس يختلف قليلا عن بعده عنها والغاية سنة ١٨٤٥ كانت السيارات الصغرى هي هذه الاربعة ثم بعد ذلك كثرت الاستكشافات حتى صار من النادر مضي سنة بدون ان تستكشف سيارات جديدة وقد علم لغاية اليوم ٢٤٨ سيارا

وجميع السيارات الصغرى مكونة جملة محصورة بتمامها في منطقة كائنة بين المريخ والمشتري وشكل مداراتها ناقص مثل السيارات الاصلية

٢١١ — أكبر السيارات الصغرى هي الاربعة التي اكتشفت أولا بالترتيب الآتي (بلاس) و (جونون) و (فستا) و (سيرس)

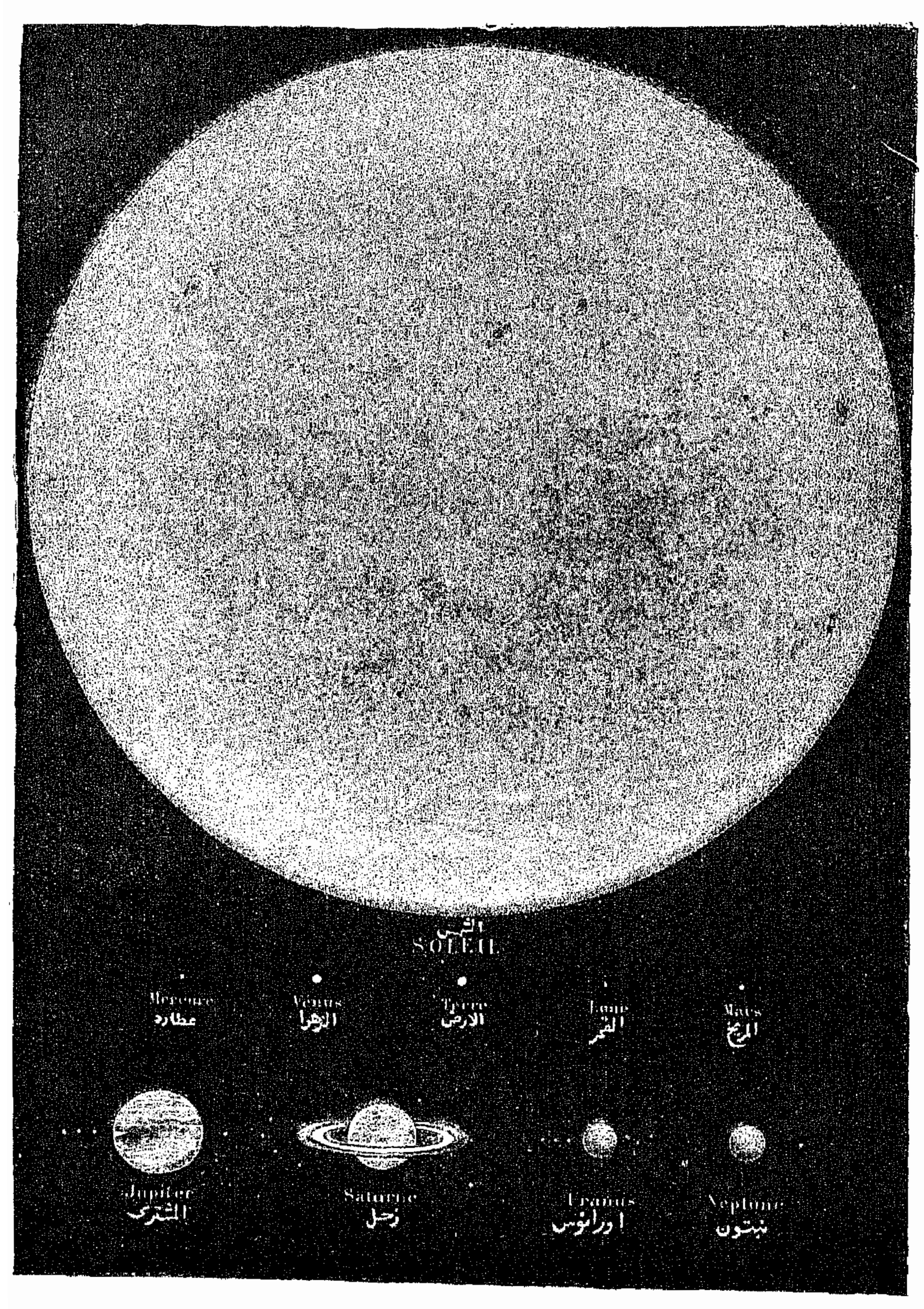
وأضوأ هذه الاربعة هو (فستا) وأما السيارات الاخرى فما أمكن تقدير قطرها الظاهر لصغرها وتظهر في النظارات كنقط مضيئة

٢١٢ — المجموعة الشمسية — تحتوي المجموعة الشمسية على ٢٠٧ كوكب ويمكن ترتيبها على الوجه الآتي

أولا — الشمس — وهي الجسم المركزي المضيء بنفسه وابعادها أعظم كثيرا من ابعاد باقي أجسام المجموعة وهي ينبوع الحرارة والضوء

ثانيا — ١٩٩ سيارا موضوعة على ابعاد مختلفة من الشمس وتدور حولها على حسب القوانين التي ذكرناها ويصحب هذه السيارات ٢٢ تابعا

ثالثا — سبعة من ذوات الذنب الدورية و (شكل ١٠٢) يبين المجموعة الشمسية




ش ١٠٢ المجموعة الشمسيه

# الباب السابع

## ذوات الاذناب — الشهب — الكرات الناريه — الحجارة الجويه

## الفصل الاوّل

### ذوات الاذناب والشهب

٢١٣ — ذوات الاذناب — النواية والشعور — الذنب — المجموعة الشمسية ماعدا الشمس والسيارات وتوابعها تشتمل أيضا على عدد عظيم من الكواكب التى تتحرك حول الشمس وتمتاز عن السيارات بشكل مداراتها وبأوصافها الطبيعية الخاصة بها دون سواها وهذه الكواكب هى ذوات الاذناب وتظهر فى الغالب ذات الذنب كنجمة يحاط قلبها المستضىء أى نوايتها بسحابة مستضيئة كثيرا أو قليلا وسماها قدماء الفلكيين بالشعور

وكثيرا ما يتصل بالقلب خلاف الاكليل البخارى ذنب مستضىء يختلف طوله من نجمة الى أخرى أو فى النجمة الواحدة وشكل الشعور وابعادها الظاهرية والحقيقية وشكل وابعاد الذنب متغيرة جدا وقد شوهدت نجوم ذات ذنبين بل أكثر

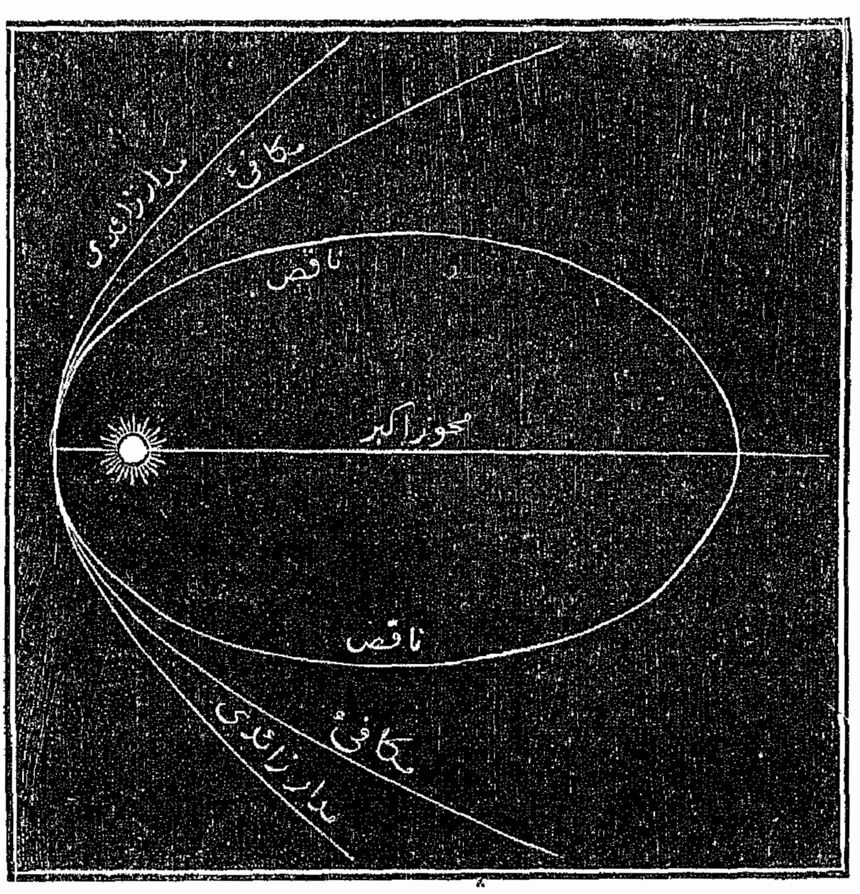
فالاكليل البخارى الذى يكون مع القلب المستضىء رأس ذات الذنب والذنب الواحد أو الاذناب المصحوبة بها الرأس لا يمكن مع ذلك اعتبارها أوصافا مميزة لذوات الاذناب لانه يوجد منها ما هو عار عن الذنب وعن القلب اللامع ومنها ما له قلب محاط بسحابة وليس له ذنب

٢١٤ — شكل مدارات ذوات الاذناب — شكل مدارات ذوات الاذناب هو أوّل صفاتها المميزة لان السيارات المعروفة اليوم تتحرك على طول منحنيات مقفلة مستديرة تقريبا ولذلك تبقى منظورة لنا على الدوام بالنظارات ان لم تكن بالعين العارية لكن أغلب ذوات الاذناب يدور حول الشمس ويرسم اما قطاعات ناقصة طويلة للغاية أو منحنيات ذات فروع غير محدودة وينتج من ذلك ان ذوات الاذناب لا ترى الا فى جزء صغير جدا من مدارها حينما تصير فى أقرب بعد لها عن الشمس وعن الارض

وبما ان مدد دوراتها وابعاد مداراتها عظيمة لم تمكن رؤية رجوع غير قليل منها

(وشكل ١٠٣) يبين أنواع المنحنيات المرسومة بذوات الاذناب المختلفة التى صار رصدها فالمنحنى الاول قطع ناقص توجد الشمس فى احدى بورتيه وحيث انه منحن مقفل فمهما كانت استطالته فالكوكب السائر عليه لا بدوان يرجع بالدور فى أوقات متباعدة كثيرا او قليلا

والثانى هو قطع مكافئ شكله مماثل كثيرا للقطع الناقص ويمتاز عنه بأن فرعيه يتباعدان الى ما لا نهاية ولا يلتقيان أصلا ويحتمل ان ذوات الاذناب التى يظهر أن مداراتها منحنيات مكافئة ترسم فى الحقيقة قطاعات ناقصة مستطيلة للغاية تتحد بالقطع المكافئ كامل مدة ظهور الكوكب وفى هذه الحالة تكون مدة الدورة كبيرة جدا بحيث لا يمكن مشاهدة الرجوع مطلقا ولكن ربما حصل أما اذا كان المدار قطعا زائدا فلا يشاهد الرجوع البتة لان فرعيه غير محدودين ويمتاز فى الاصل عن القطع الناقص بكون الفرعين المذكورين يتباعدان شيأ فشيأ عن الشكل الداخل المميز للقطع الناقص فلا يمكن ان يتحد القطع الزائد به مطلقا وعندما يكون المدار مكافئا أو زائدا يقرب الكوكب من الشمس مرة واحدة ثم يبعد ولا يرجع اليها ثانيا




ش ١٠٣

٢١٥ — عدد ذوات الاذناب — عدد ذوات الاذناب عظيم فقد رؤى منها زيادة عن ٨٠٠ من قديم الزمان لغاية يومنا هذا وما دامت المباحث التلسكوبية تزاد عددها ويحتمل عدها بالملايين ويقع كلام (كبلر) فى محله حيث قال ان عدد ذوات الاذناب كعدد أسماك البحار

**٣١٦ — الصفات المميزة لمدارات ذوات الاذناب** — قد ذكرنا ان ذوات الاذناب تمتاز عن السيارات باستطالة المنحنيات التى ترسمها حول الشمس وهنالك صفتان أخريان مميزتان لها أيضاً أولاهما ميول مستويات المدارات فانها عوضاً عن ان تكون محصورة بين نهايات صغيرة كميول مدارات السيارات تأخذ جميع المقادير المحصورة بين ٠° و ٩٠° ثانيتهما جهة الحركة فانها تارة تكون من الغرب الى الشرق وتارة تكون من الشرق الى الغرب بخلاف السيارات فانها تتحرك جميعها فى جهة واحدة من الغرب الى الشرق بالنسبة للراصد الموجود على الوجه الشمالى من مستوى مدار الارض

**٣١٧ — ذوات الاذناب الدورية** — من ذوات الاذناب التى اكتشفتها الارصاد أو تكتشفها ما تعينت مداراتها الناقصية وأمكن حساب مدد دورتها التى غالباً ما تكون كبيرة جداً فتعدّ بالالوف أو بمئات الالوف من السنين ومن ذوات الاذناب التى مداراتها ناقصية ما يؤمّل رجوعها عن قريب ولو أن مدّة الدورة عظيمة ولذا يجب أن خمسة من ذوات الاذناب التسع التى حسب زمنها وجد أقل من قرنين تتم رجوعها قبل سنة ١٩٢٣ ومع ذلك فلبعضها مدة قصيرة نوعاً حتى أمكن مشاهدة جملة دورات بواسطة رجوعاتها المتتالية وسميت ذوات الاذناب الدورية

وحينما تظهر ذات ذنب لا يمكن الحكم عليها بكونها دورية أو غير دورية لان شكل وابعاد ذات الذنب تتغير كثيراً حتى فى أثناء الظهور الواحد والطريقة الوحيدة لذلك هى معرفة عناصر مدارها ثم البحث فى الرسائل المعمولة لذوات الاذناب السالفة حتى اذا وجد واحدة عناصر مدارها مثل تلك علم انها دورية

ولبيان ذلك نأخذ ذات الذنب التى ظهرت فى سنة ١٦٨٢ والتى اكتشفها (هالى) (شكل ١٠٤) الذى سماها باسمه فمن الارصاد التى أجراها جملة من الفلكيين مدة ظهورها وجد لعناصر مدارها هذه المقادير

| الميل | طول العقده | طول الحضيض | البعد الحضيضى | جهة الحركة |
|---|---|---|---|---|
| ١٧° ٤٤′ ٤٥″ | ٥١° ١١′ ١٨″ | ٣٠١° ٥٥′ ٣٧″ | ٠٫٥٨ | تقهقرية |

و (كپلر) وغيره من الفلكيين كانوا مقررين ان ذات ذنب ظهرت فى سنة ١٦٠٧ عناصر مدارها هى

| الميل | طول العقدة | طول الحضيض | البعد الحضيضى | جهة الحركة |
|---|---|---|---|---|
| ١٧° ٦′ ١٧″ | ٤٨° ١٤′ ٩″ | ٣٠٠° ٤٦′ ٥٩″ | ٠٫٥٨ | تقهقرية |

فمن تساوى هذه العناصر تقريبا استنتج المعلم (هالى) ان النجمتين واحد وتأكد من ذلك زيادة بمقارنة تلك العناصر بعناصر النجمة التى ظهرت فى سنة ١٥٣١ ووجودها متساوية تقريبا ويعلم من هذا ان مدة دورتها حول الشمس ٧٦ سنة تقريبا وعلى ذلك أنبأ برجوعها فى اخر سنة ١٧٥٨ أو فى ابتداء سنة ١٧٥٩

وبمناسبة مدة الدورة المذكورة يلزم ظهور ذات الذنب المذكورة فى سنة ١٩١٠

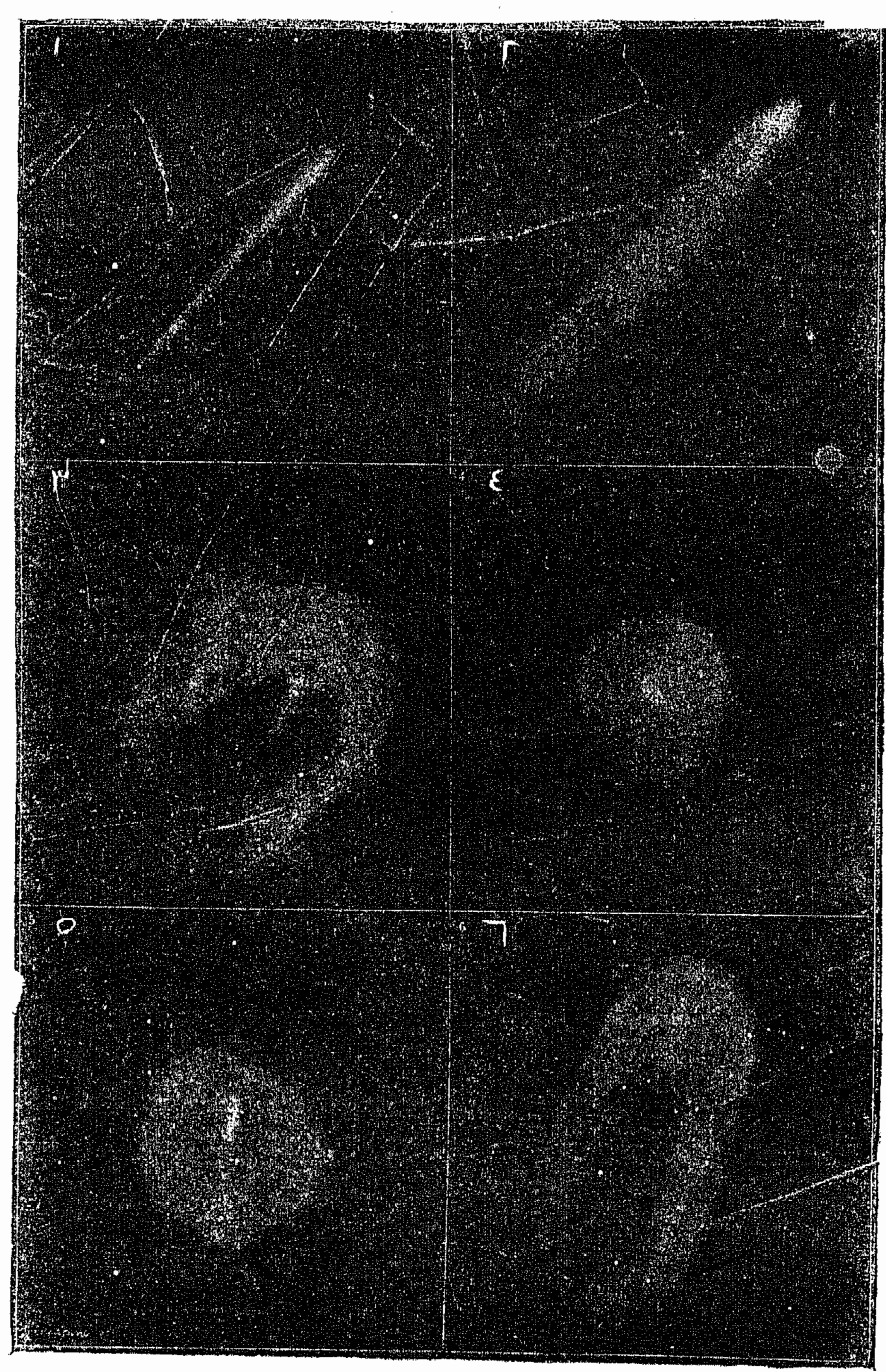
٣١٨ — ذات الذنب (انك) — هذه النجمة تسمى ذات المدة القصيرة وهى ٣ سنين و ٣١٠ يوما والمعلم (انك) رصدها فى سنة ١٨١٨ واستنتج بالحساب انها عين ذات الذنب التى ظهرت فى سنة ١٧٨٦ و ١٧٩٥ و ١٨٠٥ وجميع مروراتها بالرأس كانت منتظمة لكن من الغريب ان مدة دورتها آخذة فى النقص دائما بحيث اذا تبع هذا النقص قانونا واحدا أمكن القول باللحظة التى فيها تنغطس فى جو الشمس . وليس لهذه النجمة ذنب ولا ترى بالعين العارية وبالنظارات ترى بشكل كتلة بخارية لانواة ولا ذنب لها وحركتها طردية ومستوى مدارها يميل على مستوى الدائرة الكسوفية بقدر ١٣°

٣١٩ — ذات الذنب (بيلا) — هذا الكوكب اكتشفه المعلم (بيلا) فى ٢٧ فبراير سنة ١٨٤٦ وهو يتم دورته فى ظرف ست سنين وثلاثة أرباع ومدارها يقطع مستوى الدائرة الكسوفية على بعد يساوى بعد الارض عن الشمس تقريبا حتى انه عند ظهورها فى سنة ١٨٣٢ وجدت فى العقدة وكان تقابلها مع الارض محتملا ولكن من ذلك الوقت قد اعترتها اضطرابات بها امتنع الخوف من حصول هذه الحادثة وليس لذات الذنب المذكورة نواة وحركتها طردية ويميل مستوى مدارها على مستوى الدائرة الكسوفية بقدر ١٣° وبعدها وهى فى الذنب ٣٢٧١٠٠٠٠ فرسخا وفى الرأس ٢٣٥٣٧٠٠٠٠ فرسخا وفى سنة ١٨٤٦ تضاعفت ذات الذنب (بيلا) الى ذاتى ذنب متميزتين غير متساويتين بعدهما عن بعضهما ٦٠٠٠٠ فرسخا تقريبا

وفى سنة ١٨٥٢ ظهرت مذنبين أيضا لكن البعد بينهما زاد عما كان وبلغ ٥٠٠٠٠٠ فرسخ

٣٢٠ — ذوات الاذناب المشهورة دورية وغير دورية — من ضمن ذوات الاذناب العديدة التى رصدت يمكن مشاهدة عدد قليل بالعين العارية وقليل منها ما يدهش العالم بسبب كبر ابعادها وشدة ضوئها

فمن ذوات الاذناب الشهيرة جدا فى القرون السالفة ذات الذنب التى ظهرت فى سنة ١٥٠٠ وذات الذنب المسماة (شارل كانت) التى ظهرت فى سنة ١٥٦١ وقد قال الفلكيون برجوعها

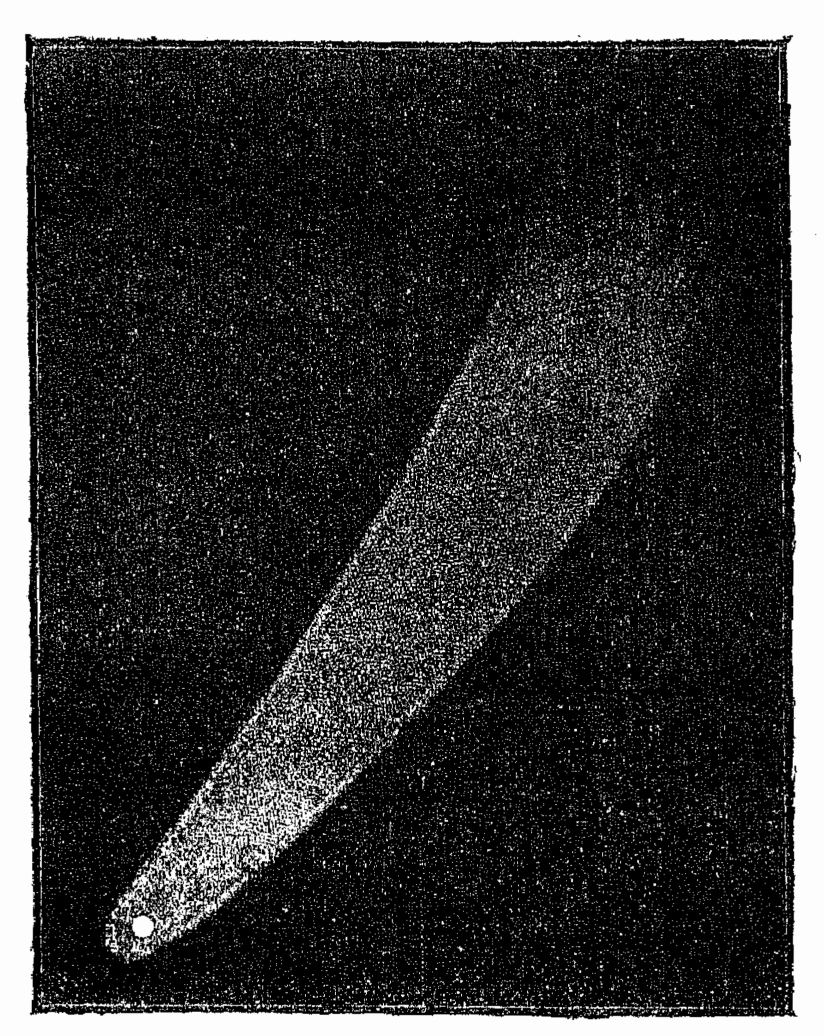



س ١٠٤ ذات الذنب هالى بناء على ارصاد هرشل

١ ذات الذنب فى ٢٤ اكتوبر سنة ١٨٣٥ — ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ التغيرات المتتالية لها

فى سنة ١٨١٠ ثم لم ترجع بعد ثم ذات الذنب التى ظهرت فى سنة ١٦٨٠ التى كانت نواتها تضىء كنجمة من القدر الاول ثم ذات الذنب التى ظهرت فى سنة ١٧٤٤ وكان ذنبها منفتحا كالمروحه

وفى الجيل التاسع عشر ظهرت ذوات أذناب لامعة لمعانا شديدا ترى بالعين العارية وأشهرها ذات الذنب التى ظهرت فى سنة ١٨١١ وظهورها أثر تأثيرا غريبا وهى لا ترجع الا بعد ثلاثين قرنا وقطر سحابتها لا يقل عن ٤٥٠٠٠٠ وذنبها ذو الابعاد العظيمة طوله ٤٥ مليون فرسخ (شكل ١٠٥)



ش ١٠٥ مذنب ١٨١١

وذات الذنب التى ظهرت فى سنة ١٨٤٥ وهى ألمع جميع ما رؤى من ذوات الاذناب حتى ان قلبها وجزء من ذنبها كان يرى فى النهار وكان ذنبها مشهورا خلاف ذلك بطوله وانتظام عرضه وهى أقرب جميع ذوات الاذناب الى الشمس ويحتمل ان التى ظهرت فى سنة ١٨٨٠ هى نفس التى ظهرت فى سنة ١٨٤٥

وفى هذه الثلاثين سنة الاخيرة قد اكتشفت عدة من ذوات الاذناب وتجنب للاطالة ضربنا صفحا عنها

٢٣١ — التركيب الطبيعى لذوات الاذناب — لا يعلم عن التركيب الطبيعى لذوات الاذناب الا شئ قليل ومع ذلك فقد ثبت ان كتلتها أقل كثيرا من كتل السيارات وكثير منها بمروره بجوار السيارات يحصل فى حركته اضطرابات عظيمة وهى لا تؤثر شيأ على السيارات التى تقرب منها والمخاوف التى زعموا حصولها من تصادف مقابلة ذات ذنب مع الارض قد زالت وتبين بطلانها وانما يمكن ان هذه المقابلة تحدث ظواهر جوية كحادثة شهابية وهذه ظاهرة مشهورة حقيقية ليست مضرة

وضوء ذوات الاذناب من انعكاس ضوء الشمس والضوء الذى تلمع به نوايات ذوات الاذناب يتعلق بالكلية بقربها من الشمس وبعدها الكبير أو الصغير عن الارض وتحليل ضوئها بالاسبكترسكوب أظهر أنها مكونة من كربور الايدروجين ومركب من الصوديوم

---

## الفصل الثانى

### الشهب — الكرات النارية — الحجارة الجوية

٢٣٢ — الشهب — الكرات النارية — الحجارة الجوية — فى أكثر الليالى يرى ما يشبه شعلا نارية تمر بسرعة فى الجو وترسم منحنيا مستضيئا يتغير امتداده وتختفى بسرعة بعد مضى بعض ثوان من وقت ظهورها وتلك المناظر تسمى نجوما ساقطة وشهبا وهى لا تخرج عن كونها أجساما صغيرة الابعاد جدا تسخن بمقابلتها بالجو الارضى ومقاومة الهواء لها الى أن تصير لامعة وأغلب الشهب تترك وراءها ذيلا مضيئا ناشئا من احتراقها وهذا الذيل يشاهد مدة بعض ثوان فقط بعد اختفاء النجمة ويندر بقاؤه ظاهرا بعض دقائق

ويقبل كون الفراغ مملوأ بعدد وافر من أجسام صغيرة تتحرك حول الشمس كالسيارات وحينما تمر الارض بجوارها يرى عدد عظيم من هذه الظواهر الجوية وحينئذ فلا تظهر الشهب بعدد واحد فى جميع الليالى بل يزداد عددها فى العاشر من شهر أغسطس والثالث عشر من شهر نوفمبر وأما الاوقات الاخرى التى تكون فيها أقل فهى ٢٠ ابريل و ٢٧ نوفمبر و ١٨ و ٢٠ اكتوبر و ٦ و ٩ و ١٣ دسمبر وأغلب الشهب تتحرك فى جهة واحدة وينتهى خط سيرها فى شهر نوفمبر بالقرب من الغول فى صورة برشاوش أما فى شهر أغسطس فينتهى بالقرب من نجمة من صورة الاسد

والكرات النارية هي أجسام مضيئة تظهر وتختفي بسرعة كالشهب غير انها ذات حركة بطيئة وتتمزق غالبا بالقرب من الارض فتحدث فرقعة وتنتج أحيانا اهتزازات قوية والاجزاء التي تقع على الارض تسمى الحجارة الجوية ويدخل في تركيبها الحديد والسليس والمنيزيا والنيكل وغيره ويقال بان الكرات النارية التي ظهورها قليل الحصول أصلها مشترك مع الشهب

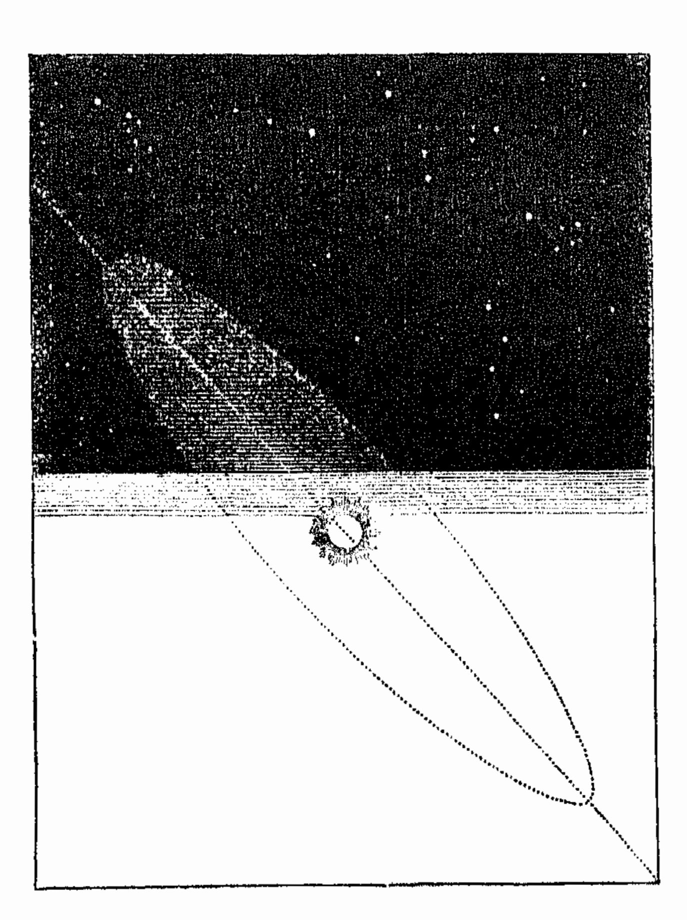
ولون الشهب والكرات النارية يتغير وقد وجد في حادثة شهابية ثلثا الشهب أبيض والثلث الآخر بين أصفر وأصفر محمر وأخضر

وقد أمكن تعيين ارتفاع عدد عظيم من الشهب وقت ظهورها ووجدت أعداد مختلفة جدا من ٨ كيلومترا الى ٦٠ و ١٠٠ و ٢٠٠ كيلومترا وسرعتها كذلك متغيرة وهي في الجملة عظيمة جدا فهي تساوي سرعة الارض بل تزيد عنها وتنسب هذه الظواهر الى وجود حلقات من مادة قطعها صغيرة الجرم دائرة حول الشمس مختلفة الميل على الدائرة الكسوفية وبمجرد قرب الارض الى أحد الحلقات تجذب الى نفسها بعض تلك القطع فتسقط نحو الارض وتشتعل في الجو على هيئة شهب أو تسقط الى الارض على هيئة حجارة جوية

ورأى (شياپارلي) هو الارجح حيث يقول ان السحابات (أو السدام عند العرب) مؤلفة من مادة لم يتم تكاثفها حتى يتكون منها جرم سماوي حقيقي بل جواهرها الطيفة متفرقة وزعموا ان لهذه السحابات حركة في الكون كما للشمس فيتفق وقوع بعضها داخل حدود جاذبية الشمس فتؤثر على الجزء المقدم من السحابة أكثر مما تؤثر في المؤخر وبذلك تبتدئ السحابة بفقد هيئتها الكروية مادامت على بعد كبير فتستطيل وتصير اسطوانة طويلة مقدمها القريب الى الشمس أكثف مما وراءه فيترأس المقدم ويبقى المؤخر منتشرا وكلما قرب الى الشمس يتم هذا التحويل أكثر حتى يستنير الجزء المقدم الاكثف بنور الشمس فيصير نواة والقسم التابع هو الذنب ويبقى منحنيا بسبب حركة السحابة كلها فيتكون من السحابة الكروية نجمة ذات ذنب تبقى داخل حدود النظام الشمسي أو تتوه في فضاء الكون الى حيث لا تدرى وذلك على حسب كون مدارها الذي ترسمه حول الشمس ناقصا أو مكافئا أو زائدا كما تقدم

وقد أوضح (شياپارلي) أيضا ان هذا التغير في السحابة لا ينتهي بتحويلها الى نجمة ذات ذنب بل كل جوهر منها له حركة مستقلة فلابد أن الرأس أو النواة الاقرب الى الشمس من الذنب تكمل دورانها حول الشمس قبل جواهر الذنب البعيدة فيتطاول أكثر فأكثر الى أن يصير حلقة تامة عند ذلك تدور حول الشمس تلك الحلقة العريضة المؤلفة من المادة وعند اقتراب الارض اليها تجذب من تلك المادة اليها فيحصل هطل شهابي

**٢٢٣ - النور البرجي** - يسمى نورا برجيا نوع مخروط مستضيء يرى بعد غروب الشمس عقب الشفق أو صباحا قبل شروقها وعلى الخصوص يرى هذا الضوء مساء نحو وقت الاعتدال الربيعي وصباحا نحو وقت الاعتدال الخريفي وذلك فيما بعد المدارين وأما في الاقطار التي بينهما فانه يرى طول السنة بشرط أن يكون السماء رائقا وضوء القمر غير موجود والاستضاءة الضعيفة الموجودة في الجزء المظلل من (شكل ١٠٦) تبين شكل النور البرجي وبنزول الشمس تدريجا تحت الافق تختفي هذه الظاهرة وقد علم ان الجهة التي يمتد فيها النور البرجي أكثر تتحد بالدائرة الكسوفية وتكون الشمس بالنسبة للنور البرجي موضوعة كما في الشكل



ش ١٠٦

وفي الغالب أن المادة التي ضوؤها يحدث النور البرجي شكلها عدسي وهي كحلقة تحيط بالشمس أو سحابة مبططة تحيط بالشمس على بعد منها أما حقيقة أسباب هذه الظاهرة فليست معلومة

# الباب الثامن

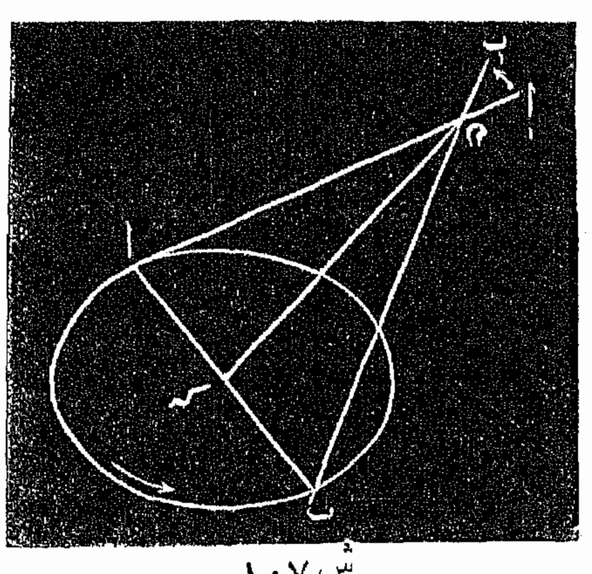
# النجوم الثابتة

## الفصل الاوّل

اختلاف المنظر السنوى للنجوم - النجوم المتغيرة الدورية - الوقتية - الجديدة - النجوم المزدوجة - المضاعفة

**٢٢٤** - اختلاف المنظر السنوى للنجوم - حيث علمت حركات السيارات والحركة المضاعفة للارض والحركة اليومية للكرة النجمية والحركات الخاصة بجميع كواكب المجموعة الشمسية بقى علينا ان نبحث عن أسباب عدم التحرك النسبي لتلك الاجرام السماوية التى لا تظهر لنا اذا نظر اليها بأعظم النظارات الا نقطا مضيئة ذات ابعاد لا يمكن تقديرها فنقول ان عدم تحرك النجوم أمر ظاهرى وان تراآى لنا أن الصور السماوية حافظة أشكالا غير متغيرة تقريبا فذلك انما هو ناشئ من كبر بعد كل نجمة من النجوم المكونة للصور المذكورة عنا ونبين لك شيأ من القواعد التى استعملها الفلكيون لحل المسئلة الصعبة المتعلقة بابعاد النجوم عن الارض فقد علمت ان اختلاف منظر أى كوكب كالشمس مثلا هو الزاوية التى رأسها فى مركز الشمس وضلعاها منتهيان بطرفى نصف قطر الارض وبعد الشمس عن الارض كبير جدا حتى ان اختلاف منظرها لا يزيد عن ٩ ثوان قوسية كما رأيت سابقا بمعنى انه اذا وجد راصدان على سطح الارض فى نقطتين متباعدين عن بعضهما بقدر نصف قطر الارض فلا يصل الفرق بين الوضعين الظاهريين اللذين يشغلهما مركز الشمس بالنسبة لهما على القبة السماوية ٩ ثوان وحيثما يراد تقدير ابعاد اجرام المجموعة الشمسية يكون نصف قطر الارض وحدة صغيرة ويكون كالعدم اذا أريد أخذه وحدة لتقدير ابعاد النجوم ولذلك قد اتخذ الفلكيون وحدة أخرى كبيرة جدا عن نصف قطر الارض وهى نصف القطر المتوسط لمدار الارض ومن ذلك اتخذوا قاعدة للقياس خطا طوله ٣٧ مليون فرسخ وهو أكبر من قاعدة اختلاف منظر الشمس بقدر ٢٣٠٠٠ مرة وحيث ان الارض ترسم كل سنة حول الشمس مدارا نصف قطره ذلك المقدار فينتج انها فى مسافة ستة شهور تشغل وضعين يبعدان عن بعضهما بقدر ٧٤ مليون فرسخ تقريبا ومثل هذا الانتقال يجعلنا نشاهد حركة ظاهرية لكل نجمة على القبة السماوية

مثلا اذا اعتبرت نجمة مثل ى (شكل ١٠٧) خارجة عن مستوى الدائرة الكسوفية فالراصد الموجود على الارض فى ا يرى النجمة فى اتجاه الشعاع البصرى ا ى فى ا مثلا على القبة السماوية ولكن بما ان الراصد ينتقل مع الارض وفى ظرف ستة أشهر يصير فى ب يلزم ان يريه الشعاع البصرى النجمة فى الاتجاه ب ى فى ب على القبة السماوية



ش ١٠٧

وبهذه الكيفية تنتقل النجمة فى عكس جهة حركة الارض بالزاوية ب ى ا المساوية للزاوية ا ى ب التى عليها يرى القطر اب لمدار الارض من النجمة ويظهر انها ترسم فى سنة على الكرة السماوية قطعا ناقصا محوره الاكبر موازٍ لمستوى الدائرة الكسوفية

والزاوية التى عليها يرى المحور الاكبر المذكور من الارض أو نصفها ا ى س هى اختلاف منظر النجوم السنوى وهذه الزاوية ما قدرت بالدقة الا لبعض النجوم وأكبر مقدار لها يطابق النجمة ا من سنطورس ومقداره هو ٠٫٩١ً ومقدار النجمة من الدجاجة هو ٠٫٣٧ً وعلى ذلك فلا يصل اختلاف المنظر السنوى لاى نجمة الى ١ً وحينئذ يسهل تعيين نهاية قليلة لبعد الكواكب عن الارض

وذلك ان نصف قطر مدار الارض يكاد ينطبق على القوس المرسوم بجعل وضع النجمة مركزا وبنصف قطر يساوى بعد النجمة عن الارض الذى نرمز له بالحرف ى وحينئذ اذا كان ل طول قوس ١ً الذى نصف قطره يكون مساويا للوحدة وان س نصف قطر مدار الارض يتحصل بداهة

$$\frac{ى}{١} = \frac{س}{ل} \quad \text{أو} \quad ى = \frac{س}{ل}$$

لكن

$$ل = \frac{ط}{١٨٠ \times ٦٠ \times ٦٠}$$

وحينئذ يكون

$$ى = \frac{١٨٠ \times ٦٠ \times ٦٠}{ط} \times س = ٢٠٦٢٦٥ \times س$$

والضوء يصل من الشمس الى الارض فى ٨ دقائق و ١٨ ثانية أو ٤٩٨ ثانية فلاجل ان يصل اليها من النجمة التى اختلاف منظرها السنوى ١ً يستغرق الزمن

٤٩٨ث × ٢٠٦٢٦٥ = ٣,٢٥ سنين

وهاك جدولا باختلاف المنظر السنوى لبعض النجوم وابعادها عن الارض مقدرة بنصف قطر مدار الارض

| أسماء النجوم | اختلاف المنظر | ابعاد مقدره بنصف قطر مدار الارض | مدة سير الضوء |
|---|---|---|---|
| | ً | | سنين |
| أ من سنطورس . . | ٠,٩١ | ٢١١٣٣٠ | ٣,٦ |
| نجمة من الدجاجه . | ٠,٣٥ | ٥٥٠٩٢٠ | ٩,٤ |
| الشعرى اليمانية . . | ٠,١٥ | ١٣٧١٠٠٠ | ٢٢,٠ |
| السماك الرامح . . . | ٠,١٠٦ | ١٦٢٢٠٠٠ | ٢٦,٠ |
| النجمة القطبية . . . | ٠,٠٧٢ | ٣٠٧٨٦٠٨ | ٥٠,٠ |

ويرى من هذا الجدول انه يلزم ٢٢ سنة حتى يصل ضوء الشعرى الينا بحيث اذا اختفت هذه النجمة بسبب من الاسباب فلا نزال نراها مدة ٢٢ سنة من لحظة انطفاء نورها

**٢٢٥** — الحركة الخاصة بالنجوم — لغاية الآن اعتبرنا ان النجوم ثابتة على القبة السماوية وان الحركات التى شاهدناوجودها ماهى الا حركات ظاهرية منسوبة للحركة الحقيقية للارض فى فلكها أو الى اجتماع سرعة الكرة الارضية مع سرعة الضوء المسماة (انحراف الضوء)

ولكن البحث الدقيق قد أوصل الفلكيين الى اثبات أن لعدد عظيم من النجوم حركة خاصة لا تتعلق بانحراف الضوء ولا بالانتقالات المنسوبة لاختلاف المنظر وهذا الانتقال السنوى لاى نجمة لا يتجاوز قوسا مقداره ٨ً وتنشأ هذه الانتقالات المشاهدة من الحركة الحقيقية للنجوم ومن تحرك المجموعة الشمسية أيضا التى سرعتها ٨ كيلومتر فى الثانية تقريبا

**٢٢٦** — الحركة الخاصة بالمجموعة الشمسية — بعد ابحاث عديدة توصل الفلكيون الى ان المجموعة الشمسية تتحرك وان حركتها فى الفراغ تتجه نحو نقطة من القبة السماوية

موضوعة على الخط المستقيم الواصل بين النجمتين ح و ى من صورة الجاثى على ركبتيه على ربع البعد الظاهرى بينهما بالابتداء من النجمة ح والشمس وجميع الاجسام المتعلقة بها تتقدم كل سنة على الاتجاه المذكور بسرعة تساوى نصف قطر مدار الارض ١٦٢٣ مرة اى ٢٤٠٠٠٠٠٠٠ كيلومتر

ومن الحركة الخاصة للنجوم والحركة التقدمية للمجموعة الشمسية لابد أن يتغير على طول الزمن منظر القبة السماوية وأشكال الصور السماوية لكن يلزم مضى كثير من القرون حتى يحس هذا التغير

٣٣٧ — النجوم المتغيره الدوريه — الوقتية — الجديده — يوجد عدد من النجوم لايحفظ ضوؤها شدة واحدة دائما بل يتغير هذا الضوء تارة بالزيادة وأخرى بالنقص بحيث ان النجمة الواحدة تمر على جملة اقدار مختلفة وتسمى هذه بالنجوم المتغيره

٣٣٨ — النجوم المتغيرة الدورية — بالبحث فى هذه التغيرات قد علم الفلكيون ان كثيرا منها يحصل فى أوقات معينة بكيفية واحدة مثلا النجمة و من القيطس ضوؤها فى مدة احد عشر شهرا تعتريه التغيرات الآتية وهى انها تلمع كنجمة من القدر الثانى مدة ١٥ يوما وهو النهاية العظمى لضوئها ثم يتناقص نورها بعد ذلك مدة ثلاثة شهور الى أن تصير غير منظورة بالكلية وتنزل عن القدر الحادى عشر وتبقى فى هذه الحالة خمسة أشهر كاملة ثم تظهر ثانيا بالتدريج و يأخذ ضوؤها فى الازدياد مدة ثلاثة أشهر الى أن يصير فى نهايته العظمى حيث ينتهى دورها

وهذه التغيرات الدورية التى عرفت من منذ أواخر القرن السادس عشر قد اعطت لهذه النجمة اسم « العجيبة » والنجمة المسماة بالغول من صورة برشاوش دورها قصير جدا فانها تكون من القدر الثانى مدة $^{د}٣٠ \; ^{س}١٣ \; ^{ي}٢$ ثم تتناقص بغتة وفى ثلاث ساعات ونصف تنزل الى القدر الرابع ثم يزداد ضوؤها ثانيا و يصل نهايته العظمى فى ثلاث ساعات ونصف وجميع مدة الدور $^{د}٤٩ \; ^{س}٢١ \; ^{ي}٢$

وبعض النجوم ذات دور مدته جملة سنين وبعضها لا يعلم له دور اما السبب عدم انتظام الدور أو ان مدة التغيرات عظيمة لاتسمح لهم بتعيين مدة الدور

وقد بحثوا كثيرا فى ايضاح سبب تغير ضوء النجوم الدورية فقالوا ان أجساما مظلمة معتمة وهى توابع هذه النجوم تأتى فى كل دورة وتتوسط بين الكوكب والارض وتستر عنا ضوأها وبعضهم قال ان النجوم ذات أوجه ليست واحدة النورانية وبدورانها حول نفسها توجه نحونا

هذه الاوجه على التعاقب وأخيرا شبه بعض الفلكيين النجوم بالشمس التى سطحها يتغطى أحيانا بكلفات تنقص ضوأها ويظهر أن عدد الكلفات المذكورة تابع لدور معلوم وبهذا الفرض يكون تغير ضوء النجوم المتغيرة منسوبا لامتداد السطح وعدد أجزائه المغطاة بالكلفات المظلمة التى تستر الكوكب بأكمله فى بعض الاحوال

٣٢٩ — النجوم الوقتية — النجوم الجديدة — فى أوقات مختلفة قد ظهرت بغتة نجوم فى محلات من السماء لم يرفيها نجوم من قبل فمنها النجمة المشهورة التى رصدها سنة ١٥٧٢ الفلكى (تيخو براهى) حيث ظهرت بغتة له فى وسط صورة ذات الكرسى وكان ضوؤها أولا يفوق أضوأ نجوم السماء وهى الشعرى والنسر الواقع والمشترى ثم تناقص ضوؤها شيأ فشيأ مارا على التوالى بجميع اقدار النجوم التى ترى بالعين العارية لغاية سنة ١٥٧٤ حيث اختفت بعد ان مكثت تلمع ١٧ شهرا وكان لها جميع صفات النجوم الثابتة كالتلألؤ بشدة والحركة الخاصة واختلاف المنظر وكانت معروفة عند الفلكيين باسم «الحاجة» وكان لونها يتغير كضوئها فكانت بيضاء أولا ثم صارت صفراء ثم حمراء ثم رجعت بيضاء قبل ان تختفى ثم لم تنظر بعد

وفى سنة ١٦٠٤ ظهرت نجمة أخرى شهيرة فى صورة الحية وكان ضوؤها أقل من ضوء نجمة سنة ١٥٧٢ لكنها ذات لمعان شديد لم ترفى النهار كالنجمة الاولى وبقيت منظورة ١٨ شهرا ثم اختفت وكان ضوؤها يتناقص فى ظرف هذه المدة

وغير ذلك من مثل هذه النجوم كثير

وفى سنة ١٨٤٨ ظهرت نجمة جديدة فى القدر الخامس فى صورة الحية وفى سنة ١٨٦٦ ظهرت بغتة نجمة جديدة فى صورة الاكليل الشمالى كان ضوؤها كلؤلؤة ثم ضعف شيأ فشيأ وصارت لاترى بالعين العارية لكنها مازالت ترى بالنظارات

وبعكس ذلك اختفت بعض النجوم التى كانت منظورة فى السماء دائما والفروضات التى اجريت بشأن ذلك للآن مشكوك فيها

٣٣٠ — النجوم المزدوجة — المضاعفة — بعض النجوم التى يظهر للعين العارية انها مفردة ترى مزدوجة اذا نظر اليها بنظارات عظيمة أعنى انها تظهر عبارة عن اجتماع نجمتين قريبتين جدا من بعضهما ضوؤهما ليس واحدا وأحيانا لونهما مختلف ويمكن ايضاح هذه الحالة بكيفيتين وهما اما ان ذلك ناشئ من تأثير المنظور لانه وان كانت النجمتان متباعدتين لكن الزاوية المتكونة بين الشعاعين البصريين الواصلين لهما صغيرة جدا واما ان تكون النجمتان

قريبتين من بعضهما حقيقة ففى الحالة الاولى يقال ان النجمتين مكونتان زوجا نظريا وفى الحالة الثانية زوجا طبيعيا وقد عد من هذه الجمل الغاية الآن ٧٠٠

مثلا يوجد فى صورة الدجاجة نجمة مكونة من نجمتين متساويتين تقريبا بعدهما الزاوى قدره ١٦ً تقريبا ومدة دورتهما ٤٥٤ سنة . وفى صورة الدب الاكبر توجد نجمة مركبة من نجمتين احداهما من القدر السابع والاخرى كذلك ومدة الدورة ٦١ سنة وغير ذلك ومدارات النجوم المزدوجة ناقصية فى الغالب

ويعلم أيضا بعض مجموعات مركبة من ثلاثة أو أربعة شموس تسمى نجوما مضاعفة فمنها نجمة من الجبار مركبة من ست شموس

---

## الفصـــــل الثـانى

### القنوان والســـــدام

٢٣١ — القنوان والسدام — بمجرد النظر الى السماء تتميز بعض جمل النجوم المركبة لها متقاربة جدا بحيث يرى كثير منها فى مساحة صغيرة وتسمى قنوان (القنوان جمع قنو) أو عناقيد وأشهر القنوان هى جملة الثريا الموضوعة فى صورة الثور وهى مركبة من ٨٠ نجمة تقريبا ستة منها ترى بالعين العارية

ومجموعة أرجل التوأمين فى صورة الثور أيضا تتركب من نجوم أقل عددا وأقل انضماما من نجوم الثريا . ويرى بالعين العارية جملتان أخريان احداهما فى السرطان والاخرى فى برشاوش والنجوم المكونة لهما لا تمكن رؤيتها الا بمساعدة النظارات

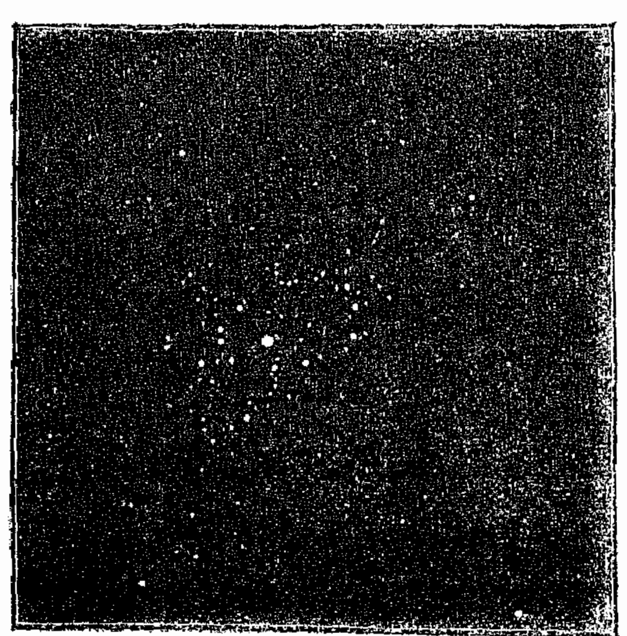
وتظهر هذه الجمل لضعفاء البصر على هيئة سحابات مستنيرة وعلى ذلك فالسماء ممتلئة بجملة من السحابات التى لا يمكن النظر المتوسط ان يميز نجمة ما من احدها وتسمى سداما والمعلوم منها يبلغ ٥٠٠٠ فالسدام جمع سديم وهو الضباب الرقيق وفى اصطلاح الفلكيين نجوم صغيرة القدر جدا متقاربة حتى ترى مثل سحابة أو ضباب أو قطعة نيرة سحابية لا تحل الى نجوم مفردة بالنظارات القوية أو ما تحقق بالاسبكترسكوب انها مجتمعات غازحام الى درجة الانارة وقد انقسمت باعتبار ما ذكر الى ثلاثة أقسام

أولا — قنوان يمكن تحليلها بالنظارات الى جملة نجوم وتسمى مجموعات كوكبية

ثانيا — قنوان يمكن النظارات تحليل جزء منها الى جملة نجوم

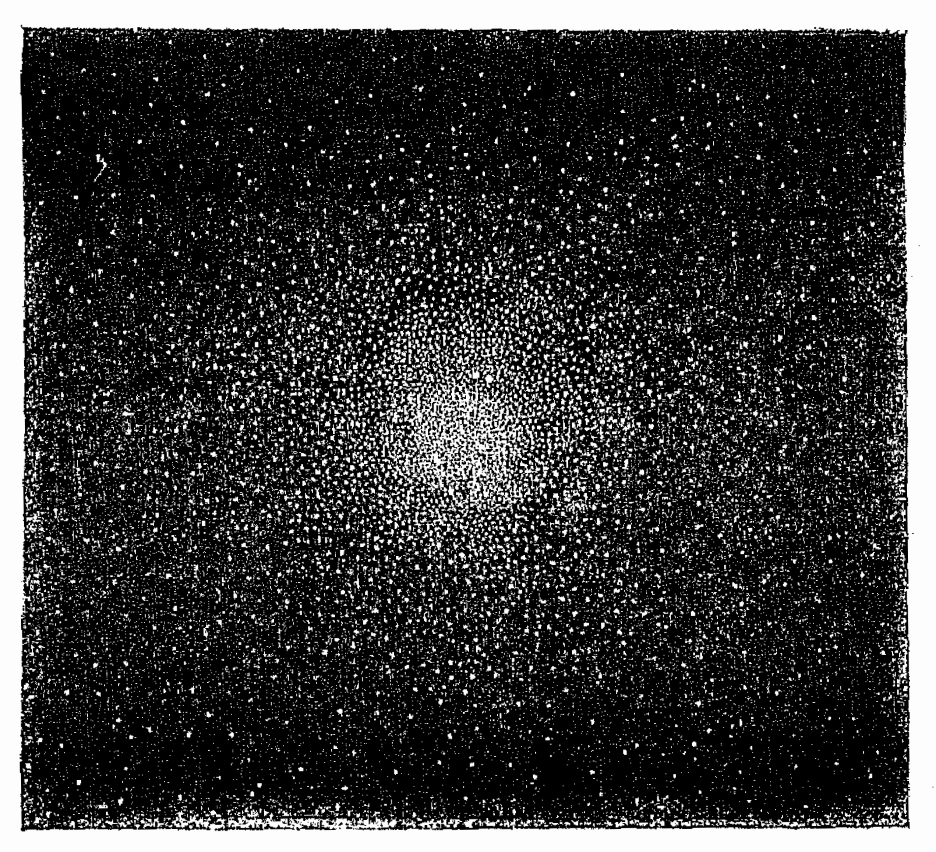
ثالثا — سدام لا يمكن أقوى النظارات تحليلها

٣٣٣ - المجموعات الكوكبية - تظهر المجموعات الكوكبية بشكل مستدير غالبا حتى يظن فى مبدا الامر انها من ذوات الاذناب ولكن عدم تغير شكلها او عدم تحركها يميزانها عن ذوات الاذناب . والنجوم المتكونة منها المجموعات الكوكبية تظهر فى جهة المركز أكثر عددا مما فى الاطراف (شكل ١٠٨) وقد حسب المعلم (هرشل) ان بعض هذه المجموعات التى شكلها كروى لا تشتمل على أقل من ٥٠٠٠ نجمة منضمة الى بعضها فى سعة قطرها الظاهرى لا يزيد عن عشر قطر القمر

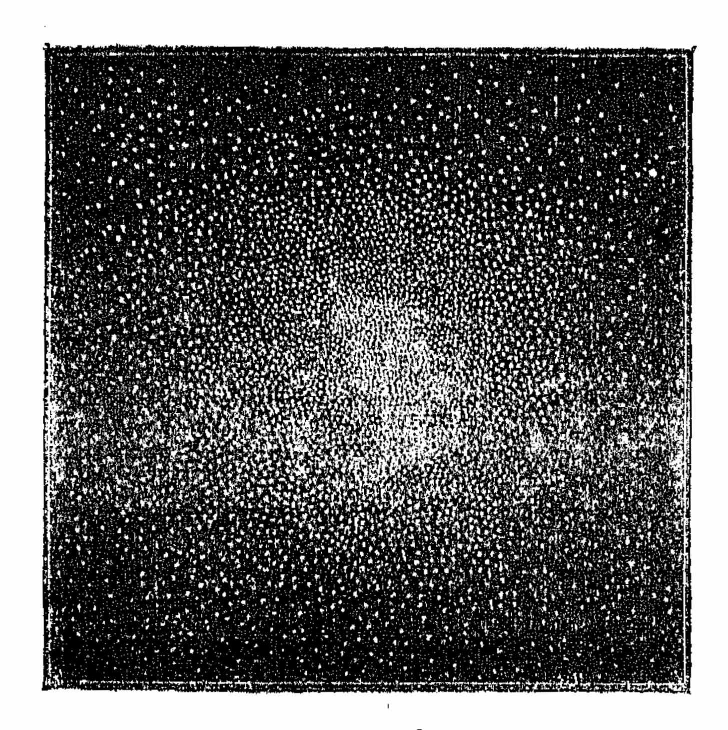


ش ١٠٨

وأشهر هذه المجموعات قنو توكان وهى فى السماء الجنوبى وترى دائما بالعين العارية (شكل ١٠٩) والجزء المركزى منها ذو لون أحمر برتقانى فاتح ومثل هذا القنو ماهو مبين فى (شكل ١١٠) و (شكل ١١١)

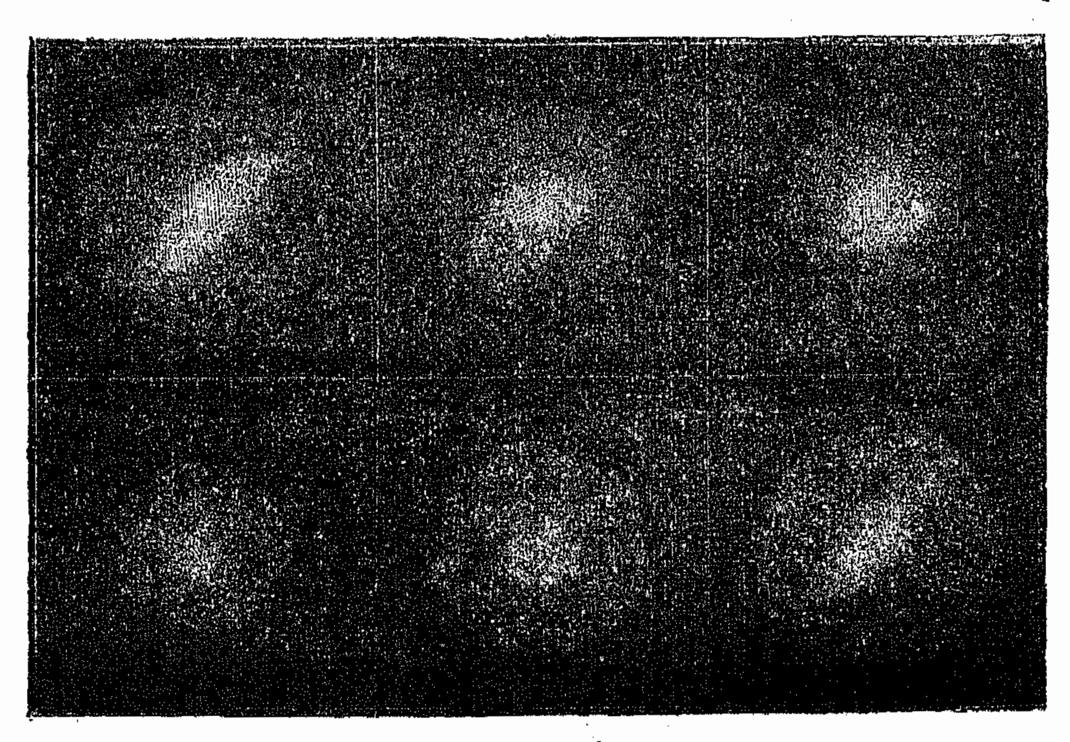


ش ١٠٩ قنو توكان



ش ١١١

٣٣٣ — السدام الممكن حلها — السدام التى ينحل جزء منها تظهر فى الغالب على شكل منتظم قليلاً أو كثيراً ولاشك فى أن هذه المجموعات هى من المجموعات الكوكبية غير أنها موضوعة بعيدا جدا أو أنها مركبة من نجوم صغيرة جدا يمكن تحليلها بالنظارات وبعض السدام ذات الشكل المنتظم مستدير وبعضها بيضاوى وبعضها ناقص مطاول جدا يقرب من المستقيم (شكل ١١٢) وبعض السدام البيضاويه حلق كما يرى فى (شكل ١١٣) وأحيانا ترى نجوم على نفس الحلقة

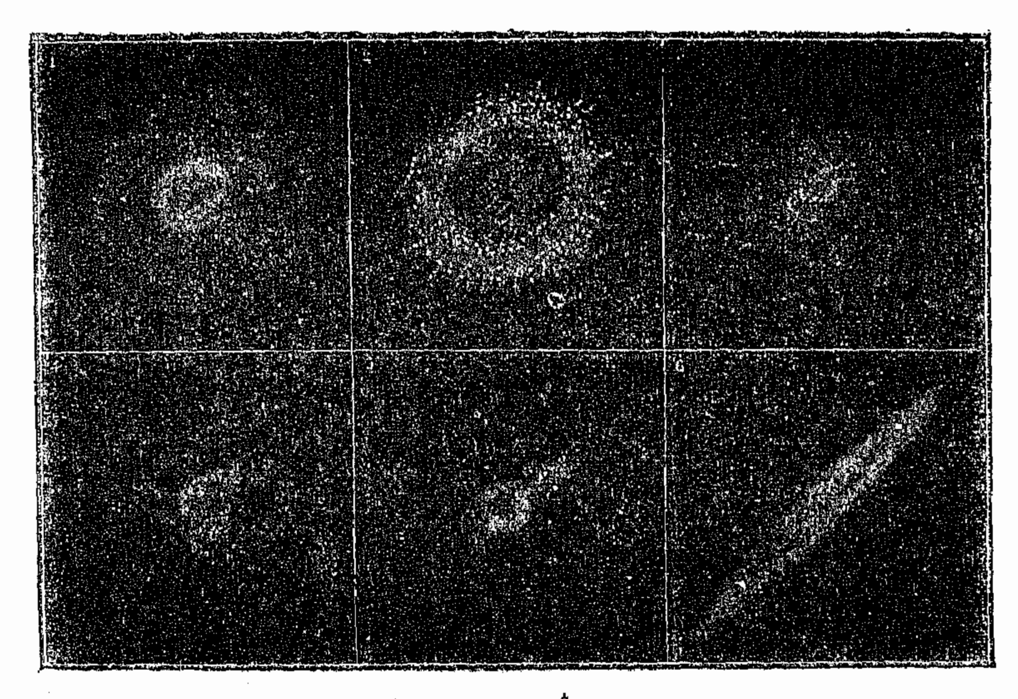


ش ١١٢




ش ١١٠

١ من الميزان — ٢ من الجاثي على ركبتيه — ٣ من الجدي — ٤ من الدلو — ٥ من الحيه — ٦ من الجوزا



ش ١١٣

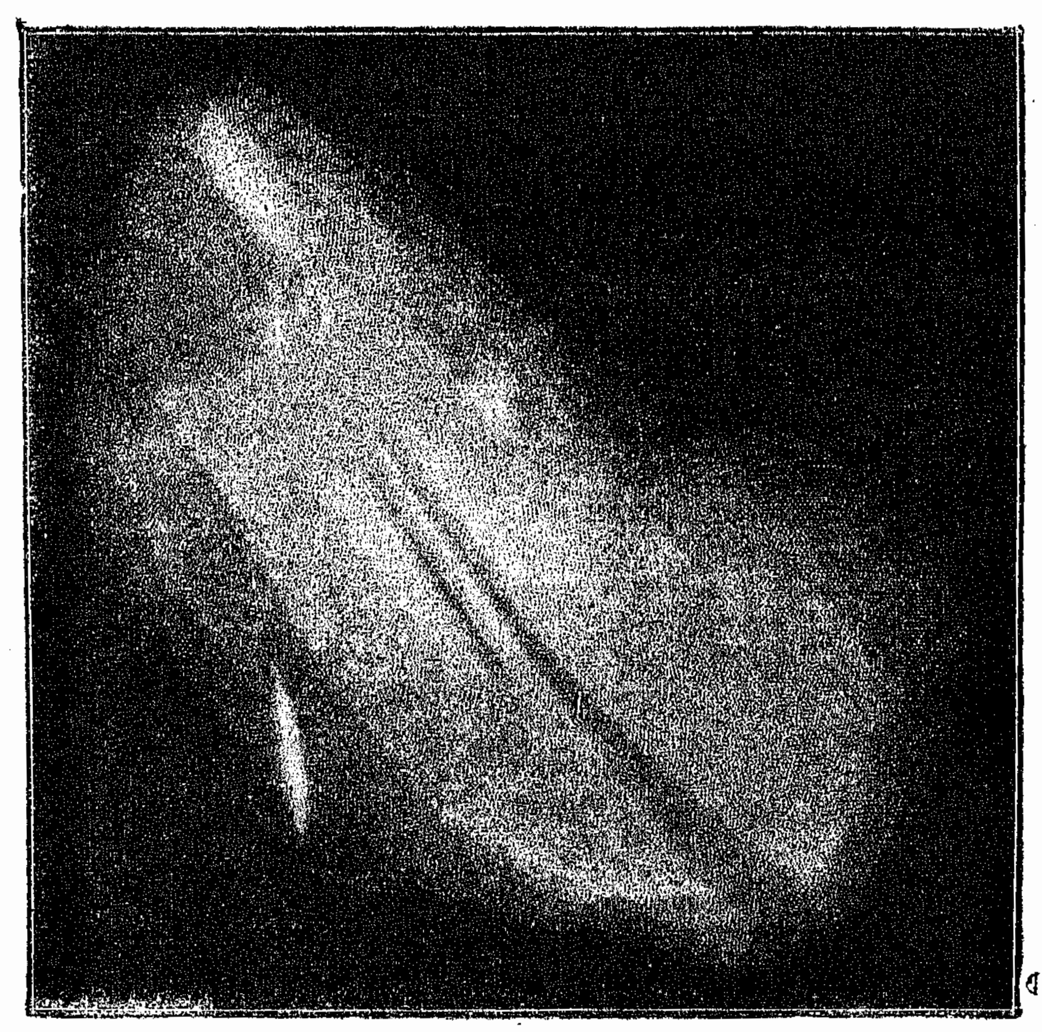
ومن ضمن السحابات المنتظمة ما شكله مخروطي أو كشكل ذات الذنب ويمكن أن يكون انتظام الشكل مترتباً على قوة الآلة بحيث ان الانتظام لا يكون الا ظاهرياً فعلى رأى (هرشل) تظهر سحابة كلب الصيد مثلاً على شكل حلقة مضاعفة في نصف دائرها وفي وسط الحلقة توجد سحابة لامعة جداً وخارجاً عن الحلقة على بعد منها توجد سحابة صغيرة مستديرة (شكل ١١٤)

٣٣٤ - السدام الغير المحلولة ذات الشكل غير المنتظم - توجد سدام لا يمكن أقوى الآلات حلها وهي سدام الرتبة الثالثة وهذه السحابات تظهر عموماً بشكل غير منتظم وذلك كسديم المرأة المسلسلة (شكل ١١٥) والسديم الحلقي الناقص للأسد (شكل ١١٦)

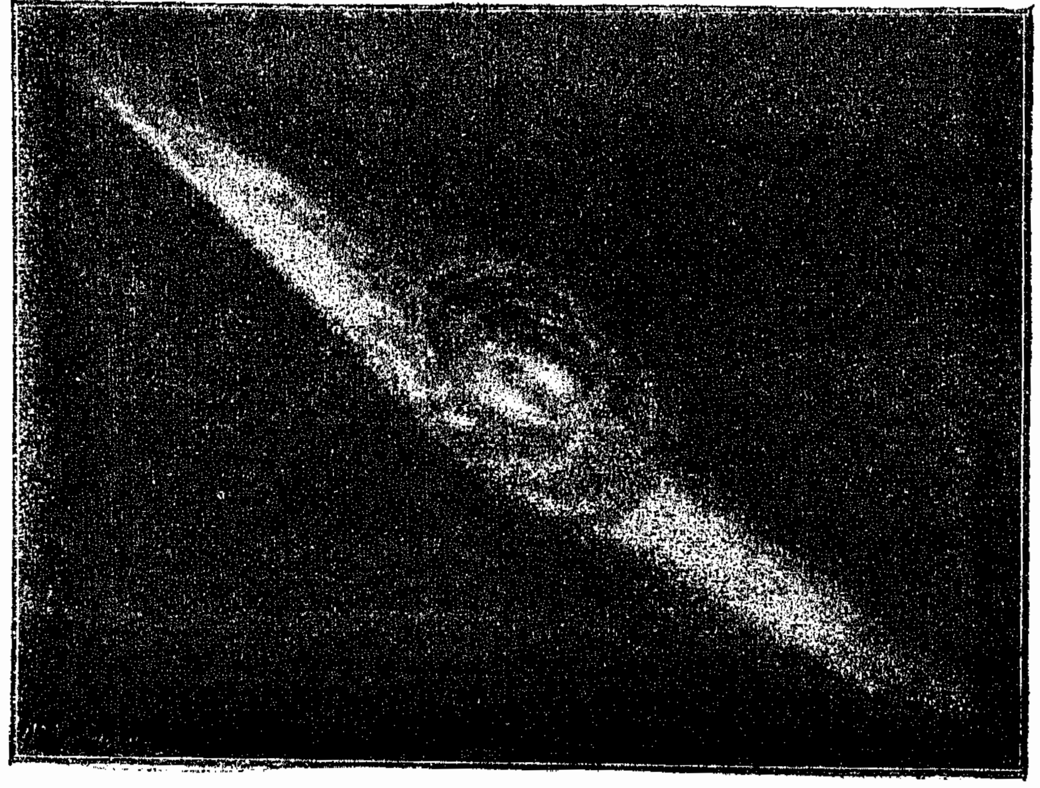
٣٣٥ - السدام السيارية - النجوم السدامية - يرى في السماء أيضاً سدام تظهر بمنظر قرص جميع سطحه مستضيء بالتساوي حتى يظن انها مجموعات كوكبية مبططة ترى لنا بوجهها وسميت سداماً سيارية . وبعض الاحيان يشاهد في قلب السديم نجمة أو جملة نجوم تمتاز بانفصالها عنها فاذا لم يوجد سوى نجمة واحدة فانها توجد في مركز السديم ومتى وجد أكثر من نجمة فانها تكون موضوعة بالتماثل على سطح القرص وتسمى هذه نجوم سدامية (شكل ١١٧)



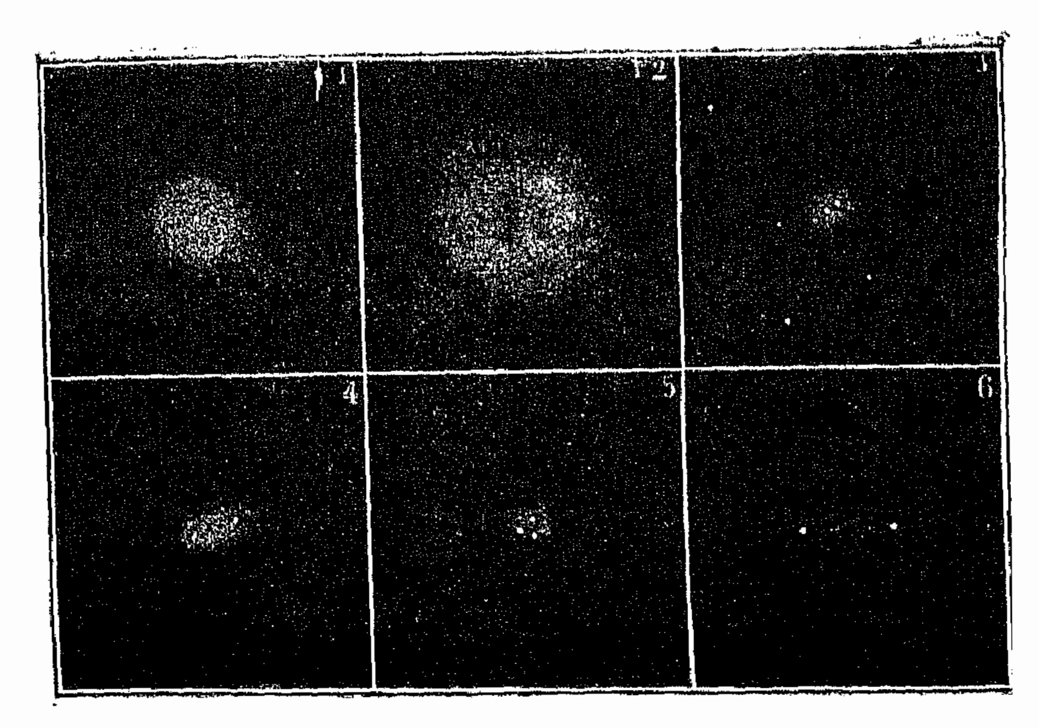
ش ١١٤ سديم كلب الصيد



ش ١١٥ سديم المرأة المسلسلة



ش ١١٦ سديم الاسد



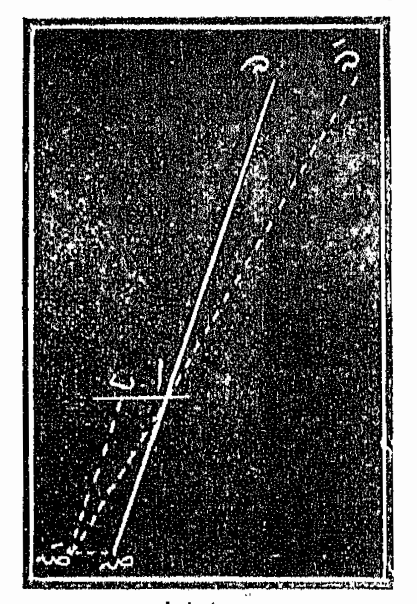

ش ١١٧

والمتفق عليه اليوم هو أن السدام السيارية والنجوم السدامية مكونة من تجمع مادة منتظمة جدا ومضيئة بنفسها وربما وجب نسبة هذا التركيب ذاته الى بعض السدام السماوية التى ما قدرت أن تحللها أقوى الآلات الى نجوم لغاية يومنا هذا

٢٣٦ — طريق التبانه او المجره — يسمى بهذا الاسم منطقة ضيقة بيضاء غير منتظمة تقسم الكرة السماوية الى قسمين متساويين تقريبا على حسب دائرة عظيمة من الشمال الشرقى الى الجنوب الغربى وعرضها متغير جدا وتتفرع الى فرعين يتحدان ثانيا على مسافة °١٥٠ وهذه السحابة الجسمية قد انحلت فى بعض أجزائها ولكن أقوى الآلات لم يمكنها أن تحللها فى جملة أجزاء أخرى منها وعلى رأى المعلم (وليم هرشل) عدد النجوم التى تشتمل المجرة عليها لا يقل عن ١٨ مليون نجمة وكل نجمة من هذه النجوم مأخوذة على انفرادها تصير صغيرة جدا لا ترى بالعين العارية لكن اجتماع هذه النجوم منضما بعضها الى بعض يكون ضوءا أبيض يرى فى الليالى الخالية من القمر وعندما يكون الجو صافيا

ويترا آى ان المجموعة الشمسية كائنة فى المجرة وانها مكونة لجزء منها والمجرة تتجه على حسب دائرة عظيمة من الكرة السماوية فهى منطقة قطبها الشمالى يقرب من صورة أم الشعور والجنوبى فى صورة القيطس فتى ابتعد عن هذين القطبين يأخذ عدد النجوم فى الازدياد أولا ببطء ثم بسرعة عظيمة ومن ذلك قيل ان المجرة هى منطقة النجوم

٣٣٧ - انحراف الضوء - الانحراف السنوي للنجوم هو زوغان ظاهري للاشعة الضوئيـة التي ترسلها النجوم لنا وهذا الزوغان منسوب لاجتماع حركة الارض وسرعة الضوء الذي يأتينا من هذه الكواكب ولتكن صـ صـَ (شكل ١١٨) المسافة التي تقطعها الارض في زمن قصير جدا و صـ ا المسافة التي تقطعها الاشعة الضوئية لنجمة مثل ن في الزمن بعينه فبسبب سرعة الضوء العظيمة يصير صـ ا أكبر من صـ صـَ ١٠٠٠٠ مرة تقريبا و يصل الينا الضوء على حسب اتجاه المحصلة اصـَ الذي يختلف قليلا عن صـ ا ن وتسمى الزاوية ن ا نَ زاوية انحراف الضوء



ش ١١٨

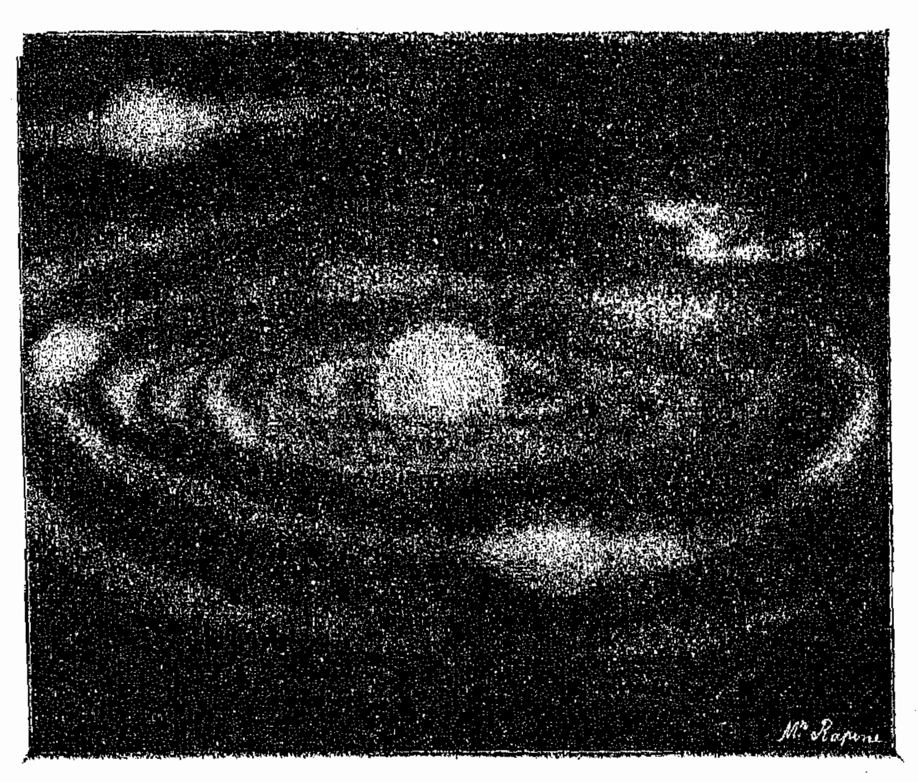
وانحراف الضوء هو برهان قاطع على حركة الارض حول الشمس لان تأثير الحركة اليوميـة لايكفي لايضاح هذه الظاهرة ولكن باعتبار تأثير الانتقال تتوافق نتائج الحساب مع نتائج الارصاد

٣٣٨ - أصل وتكوين المجموعة الشمسية - (شكل ١١٩) ينسب الى الشهير (لابلاس) الفرض المعقول الذي وضعه لاصل المجموعة الشمسية وتكوينها ونذكر ملخص هذا الفرض فنقول

انه في مدة سابقة لزمننا بكثير من القرون كانت المجموعة الشمسية بأكملها بل جميع المادة التي تتكون منها الآن الجمل المختلفة لهذه المجموعة في حالة غازية محضة على هيئة سحابة جسيمة مستطيلة جدا ولم يكن بها أثر يدل على انها كثيفة (أي ثقيلة) فتكون عناصر السحابة المذكورة في هذه الحالة متباعدا بعضها عن بعض حتى ان القوة الدافعة الممتعة هذه العناصر بها تبطل بالكلية القوة الجاذبة التي تميل لان تضم تلك العناصر بعضها الى بعض وتصيرها جملا ثم بانقضاء القرون تبرد السحابة المذكورة شيأ فشيأ بالتشعع المستديم في الفراغ و يتناقص تأثير القوة الطاردة و يتزايد تأثير الجذب شيأ فشيأ فتتكاثف العناصر المختلفة للسحابة المطاولة المذكورة وتتقارب الى مركز واحد أو الى جملة مراكز

وباستمرار ذلك تؤل السحابة الشمسية الى منظر نواية مضيئة يحيط بها على بعد عظيم جو غازي شكله كروي تقريبا (وهو ما تظهر لنا به النجوم السدامية في الفراغ) كما تقدم وذلك ان الفلكيين يعتبرون ان النجوم السدامية لا تتحول الى نجوم أو انها شموس بسيطة أو زوجية أو مضاعفة تحيط بها سحابة مضيئة بنفسها أو تضيئها النجمة المركزية

وكانت الشمس وقت تكوّنها هذا موجودة وحدها أيضا وكانت السيارات وتوابعها باقية على حالة اختلاط فى وسط الجو




ش ١١٩

ثم ان الكتلة بأكملها كانت متمتعة بحركة دوران تجذب معها فى جهة واحدة اما عناصر النواية أو عناصر السحابة وانه لما كانت حدود السحابة تتعلق فى أى لحظة بالبعد الذى فيه كانت القوة المركزية الطاردة المنسوبة لحركة الدوران متزنة بالقوة المركزية الجاذبة وكانت هذه الحدود تتغير وتقترب من المركز ضرورة بتأثير تبريد مستمر ينتج عنه نقص حجم السحابة فمن ثم تترك منطقة من البخار المتكاثف على بعد الحدود الاصلية وبهذه المثابة يلزم أن يترك الجو السماوى شيأ فشيأ جملة مناطق من البخار تتقارب شيأ فشيأ من المركز وتوجد تقريبا فى مستوى خط الاستواء العمومى الذى فيه تكون القوة المركزية الطاردة راجحة بالطبيعة بسبب سرعة الحركة الدورانية

وهذه المناطق هى التى نشأت عنها السيارات المنعزلة أو جمل من السيارات والكواكب

لكن لاجل أن تحفظ المناطق المنفصلة من السحابة العمومية شكل حلقة مركزها فى مركز الشمس يلزم استمرار الموازنة التامة بين العناصر المختلفة المتركبة منها هذه الحلقات وهذا أمر لا يتأتى حصوله و يلزم ان تجزأ الحلقات و يجذب الاجزاء الكبيرة منها الاجزاء الاخر يتكون

من جديد مركزاً ونواة سحابية وهذا يؤدى الى أن كل واحدة منها يلزم ان تكون ذات حركتين آتيتين احداهما دورانية حول مركزها الخاص بها والاخرى انتقالية حول مركز مشترك ومع ذلك فحيث ان هاتين الحركتين لم يكونا الا استمرار حركة داخلية عمومية فلا بد أن تبقى جهتهما هى الحركة الدورانية للمجموعة أو للنواية الشمسية

ومتى تقرر تكوين السيارات يفهم جيدا كيف تحدث هذه السحابيات الجزئية المشابهة للسحابة الاصلية تولد أجسام جديدة تنجذب وتدور حول كل منها وهذه هى كيفية تولد التوابع

وقد أوضح (لاپلاس) أيضا سبب كون التوابع لم تكون توابع جديدة وسبب كون هذه الاجسام الثانوية انما توجه وجها واحدا نحو السيار التى تنجذب حوله فقال

حيث ان تأثير الجذب يزداد تبعا لصغر البعد وان الكرات المركبة للتوابع مازالت فى حالة سيولة فيلزم ان تستطيل نحو مركز السيار ويكون لحركة دورانها مدة متحدة تقريبا بمدة حركتها الانتقالية وبعد عدد ما من الرجات تصير هذه المدد متساوية بالضبط

وأقوال (لاپلاس) هذه هى مطابقة للقوانين الميكانيكية وللارصاد الفلكية والتأثيرات الطبيعية

---

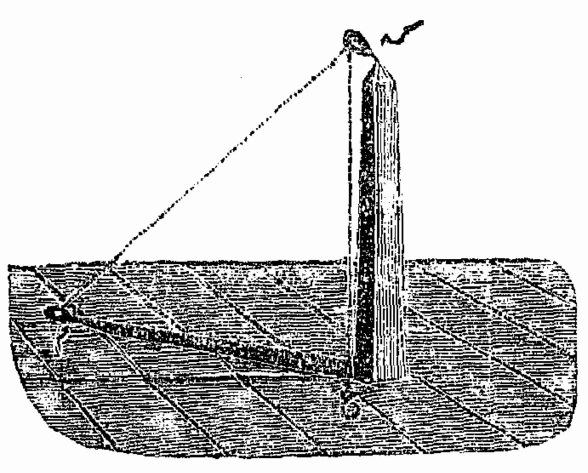
## الفصل الثالث

### المزاول والشواخص

٣٣٩ — معرفة الاوقات — لمعرفة الاوقات تستعمل آلات تسمى ساعات وهى الآلات المعروفة التى توضع عادة فى الجيب أو تعلق على الحائط وتبين الساعات النجمية والساعات الشمسية الوسطية وأما الساعات الشمسية الحقيقية فلا يمكن بيانها بالضبط بهذه الآلات بل تستعمل آلات أخرى تسمى مزاول وهى مشهورة من قديم الزمان وهى كالشواخص تعطى الساعة بواسطة الظلال المسقوطة من محور ثابت على مستوى

وعمل مزولة يقتضى قبل كل شئ تخطيط خط زوال المحل الذى فيه يصير تركيب المزولة وقد علم فيما تقدم تعيين ذلك الخط فاما الشاخص الذى كان مستعملا عند الاقدمين فلم يكن فى الاصل سوى الجهاز الذى رأيناه يستعمل لتخطيط خط الزوال بطريقة الظلال المتساوية وكان الساق البسيط معوضا بمسلة عظيمة قائمة فى محل مكشوف تنتهى من اعلى بكرة أو بشكل آخر حيثما اتفق وظل هذه الكرة هو الذى كانت تعلم أوضاعه المتوالية والافضل من الكرة هو القرص المثقوب بثقب صغير

٣٤٠ - ارتفاع الشمس - ميل الدائرة الكسوفية - فالشواخص تستعمل فى الاصل لقياس ارتفاع الشمس وقت الزوال فى الاوقات المختلفة من السنة لانه يتكون من المركز م لصورة الشمس (شكل ١٢٠) ومركز الفتحة س ومسقط الرأسى النازل من هذه النقطة الاخيرة على الارض وهى ح ثلاثة رؤس مثلث قائم الزاوية ضلعاه سح و مح معلومان لان الطول مح يقاس بسهولة فى اليوم الحاصل فيه الرصد فتستخرج الزاوية سمح أعنى الارتفاع الزاوى للشمس فوق الافق



س ١٢٠

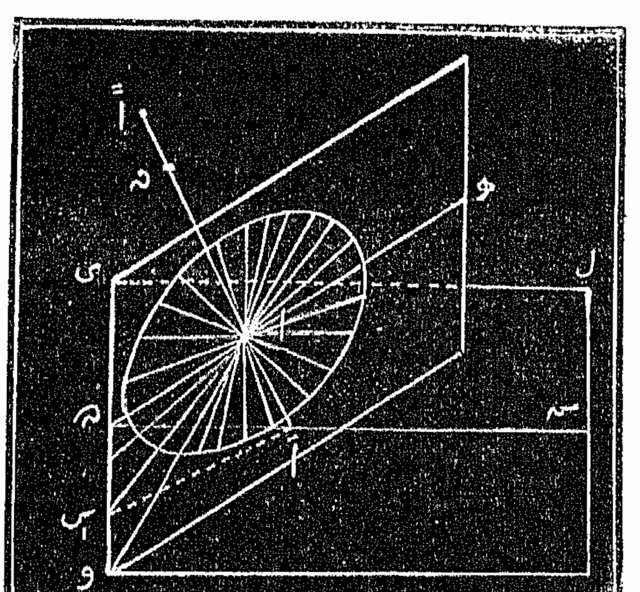
وبهذه الطريقة قد عين الفلكيون الاول ميل الدائرة الكسوفية وذلك انهم قاسوا بواسطة الشاخص أعظم ارتفاع للشمس فى يوم المنقلب الشتوى وأعظم ارتفاع لها فى يوم المنقلب الصيفى فنصف فرق هذين الارتفاعين يكون هو الزاوية الواقعة بين الدائرة الكسوفية ودائرة المعدل

٣٤١ - المزاول - تتركب المزاول من مستو يثبت عليه شاخص مواز لمحور العالم يدل وضع ظله على الزمن الحقيقى . ولما كانت الشمس ترسم كل يوم موازيا سماويا فى نصف الكرة الشمالى أو فى نصفها الجنوبى فانها تسير وجه مستوى دائرة المعدل نحو القطب الشمالى أو الجنوبى فاذا فرضنا ان الموازى المرسوم مقسوم الى ٢٤ جزأ متساوية فكل جزء منها يحتوى على قوس درجه $\frac{٣٦٠}{٢٤}$ أو ١٥° ترسمه الشمس فى مدة ساعة ومتى مرت الشمس بزوال المحل يكون نصف نهار حقيقى وينطبق ظل الشاخص على مستقيم ما من مستوى دائرة المعدل وبمرورها على دوائر الميل الاخرى المسماة دوائر ساعية ينطبق ظل الشاخص على مستقيمات أخرى من مستوى دائرة المعدل والمستقيمات التى ينطبق عليها ظل الشاخص ماهى الا آثار المستويات الساعية على مستوى دائرة المعدل وبتخطيط الاثرات المذكورة تتعين الساعة أو الوقت بانطباق ظل الشاخص عليها

وسنذكر طرق رسم الثلاثة أنواع من المزاول الابسط مايكون والاكثر استعمالا وهى المزولة المعتدلة والمزولة الافقية والمزولة الرأسية

٣٤٢ - المزولة المعتدلة - تتصور مستو مثبت بالتوازى لدائرة المعدل فأثره على مستو

افقي هو خط ى و (شكل ١٢١) العمودى على خط الزوال ه س ويبين نقطتى الشرق والغرب من الافق وأثر مستوى الزوال على ذلك المستوى هو خط ه هـ العمودى على ى و ويكون مع خط الزوال زاوية تساوى متمم عرض البلد



ش ١٢١

ثم يوضع شاخص فى نقطة ا من المستوى المعلوم يكون عموديا عليه فهذا الشاخص يكون موازيا لمحور العالم ومائلا على الافق بزاوية تساوى عرض البلد

ثم نجعل موقع الشاخص مركزا ونرسم محيط دائرة ونقسمها بالابتداء من القطر ه هـ الى ٢٤ جزأ متساوية بانصاف أقطار متباعدة عن بعضها بالتساوى فهذه الانصاف أقطار تكون هى أثرات ٢٤ دائرة ساعية على مستو موازلدائرة المعدّل وحيث ان الشاخص موجود فى كل مستوى من هذه المستويات الساعية فهو عبارة عن خط تقاطعها المشترك ومتى وجد مركز الشمس فى أحد هذه المستويات الساعية ينطبق ظل الشاخص كذلك على نصف القطر الدال على أثر هذا المستوى الساعى وبذلك يبين وقت لحظة الرصد والخط ه هـ هو الساعة التى فيها تكون الشمس فى مستوى الزوال أعنى نصف النهار الحقيقى فيميز بنمرة ١٢ ساعة وجميع الخطوط الموضوعة غرب ذلك الخط تبين ساعات قبل الظهر والتى فى شرقيه تبين ساعات بعد الظهر والقطر الافقى يبين الساعة السادسة صباحا والساعة السادسة مساء ومن الواضح ان مدّة الربيع والصيف توجد الشمس فى نصف الكرة الشمالى وتنير الوجه العلوى من المزولة ومدة الخريف والشتاء تنير الوجه السفلى منها وحينئذ فمن الضرورى رسم المزولة على وجهى المستوى وحيث ان الشمس وقت الاعتدالين تكون فى مستوى دائرة المعدل أى فى مستوى المزولة فمن اللزوم عمل شفة أو بروز فى نهاية مستوى المزولة لاجل أن ينسقط عليه ظل الشاخص

وتصنع مزاول معتدلة شفافة تسمح برؤية الساعة على وجه واحد من المزولة فى جميع أوقات السنة

٣٤٣ — المزولة الافقية — نمدّ الشاخص ى ا لغاية المستوى الافقى فى أ ونمدّ الخط أ سـ لغاية الاثر ى و فى سـ ثم نصل أ سـ فهذا الخط الاخير هو أثر الدائرة الساعية المبين للساعة عشرة على المستوى الافقى وظل الشاخص ينطبق حينئذ على الخط أ سـ فى هذه الساعة وبعملية مشابهة يتحصل على الاثرات الافقية للدوائر الساعية الاخرى واجتماعها يكون المزولة الافقية التى فيها الشاخص يكون دائما خطا موازيا لخط القطبين والغالب تركيب المزاول الافقية على شبابك أو على عمدان قصيرة فى الجناين وتصنع سهلة النقل لان استعمالها يقتضى سهولة فى تركيبها

٣٤٤ — المزولة الزوالية الرأسية — اذا امر بالخط ى ى (شكل ١٢١) مستو رأسى فان شاخص المزولة المعتدلة يقابل هذا المستوى فى نقطة مثل أً اذا وصل منها الى جميع نقط تقابل الخطوط الساعية للمزولة المعتدلة مع ى ى فان كل واحد من الخطوط المتحصلة بهذه الكيفية يكون فى الدائرة الساعية المطابقة بحيث ان ظل الشاخص ينطبق عليه متى وجدت الشمس فى هذه الدائرة بالضبط وبهذه الكيفية يتحصل على مزولة رأسية وحيث ان مستويها مار بخط الشرق والغرب ووجهها نحو الجنوب فتكون مزولة زوالية ويرى ان المزولة التى بهذه الصورة لا تعطى الا ست ساعات قبل الظهر الى ست بعده وهى كافية لفصلى الخريف والشتاء وأما المزولة التى وجهها نحو الشمال فانها تبين مع ذلك الساعات السابقة للساعة السادسة قبل الظهر والساعات اللاحقة للساعة السادسة بعد الظهر فى الربيع والصيف

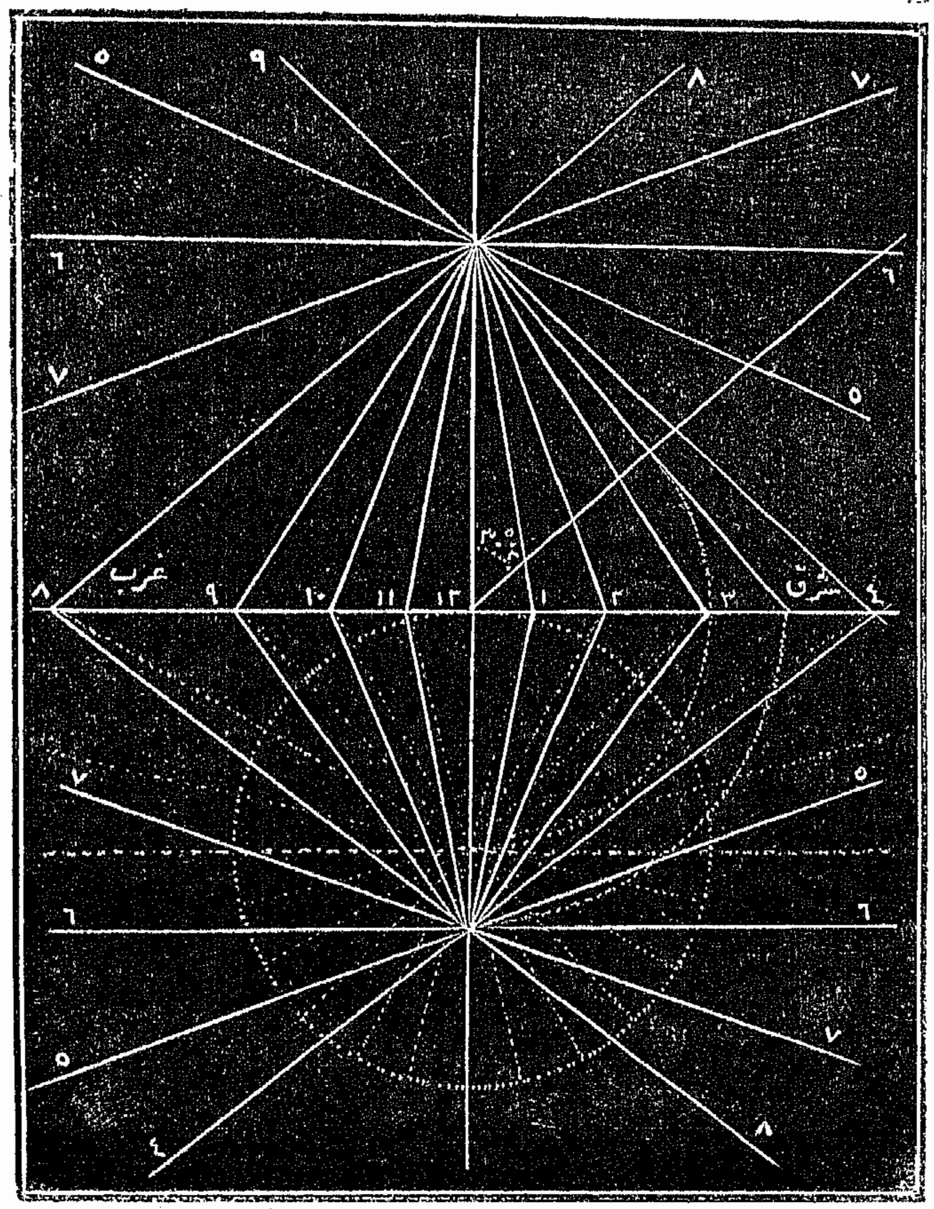
٣٤٥ — المزولة المنحرفة — المزاول الرأسية ترسم عادة على حيطان المنازل أو حيطان العمارات العمومية ولكن حيث يندر وجود هذه الحيطان فى اتجاه عمودى على مستوى الزوال فيرسم عليها باتباع القواعد عينها مزاول رأسية تسمى حينئذ منحرفة

والمزاول تبين الساعات المعطاة بالشمس أعنى الزمن الحقيقى فاذا أريد استعمالها لتنظيم الساعات الدقاقة وساعات الجيب يلزم تصليح ما تبينه المزاول بتعديل الزمن فى اليوم الجارى فيه الرصد وبذلك يتحصل على الزمن الوسطى

وفى (شكل ١٢٢) يبين كيفية تخطيط الخطوط الساعية لمزولة أفقية والخطوط الساعية لمزولة رأسية زوالية بناء على مزولة معتدلة مرسومة من قبل

وتحل هذه المسئلة بواسطة الهندسة الوصفية فالخطوط المنقطة المرسومة على المستوى الافقى هى الخطوط الساعية للمزولة المعتدلة مطبقة على المستوى الافقى وهذه الخطوط بتقاطعها

مع خط الارض تعطى النقط اللازم وصلها مع أثر الشاخص الرأسي أو الافقي للحصول على الخطوط الساعية لكل مزولة وأما هذان الاثران فهما اثرا خط يمر بمركز المزولة المعتدلة ويصنع مع المستوى الافقي زاوية تساوي عرض البلد




ش ١٢٢ رسم المزاول الافقية والرأسية

# خاتمـــة

## الخرط الجغرافيـــه

## الفصـــل الاول

### الكرات الصـــناعية ـ المساقط

٣٤٦ ـ الكرات الصناعية والخرط الجغرافية الارضية ـ الطريقة التي تبين بها سطح الارض بالضبط هي عمل كرة صناعية ورسم على سطحها خطوط جانبية وموازيات ثم يعلم عليها وضع جميع المحلات التي أطوالها وعروضها معينة بالضبط وبهذه المثابة فان ضبط حدود القارات وأشكال الممالك ومجاري الانهر وسلاسل الجبال وغير ذلك لا يتعلق الا بضبط الادلة التي استعملت لعمل الرسم (شكل ١٢٣)

ولكن لما كانت الكرات الصناعية بسبب كبرها وثقلها يصعب نقلها أو حملها لزم البحث عن الطرق التي يمكن بها بيان الكرة الارضية بأكملها أو اجزاء من سطحها وذلك برسم التفاصيل الجغرافية على مستو وتسمى هذه الادلة الجغرافية خرطا والخرط التي تبين سطح الارض جميعه تسمى (ماپموند) فاذا كان سطح الارض اسطوانيا أو مخروطيا أمكن فرده على مستو بدون أن يتغير مطلقا تماثل الاجزاء وابعادها النسبية لكن الارض هي تقريبا كروية وانفرادها مستحيل بالكلية بحيث ان الخرط المستوية تكون بالضرورة دلالة غير تامة للارض أو لجزء منها فتارة يتغير شكل الاجزاء وتارة ابعادها أو الاثنين معا اذا اشتملت الخريطة على جميع سطح الارض أو على جزء عظيم منها والماپموند هي اجتماع خريطتين منفصلتين كل واحدة منهما تبين نصف كرة ولانشائها تستعمل طريقتان اصليتان

ش ١٢٣ كرة أرضيه

الطريقة الاولى تسمى طريقة المسقط العمادى وهى عبارة عن اسقاط جميع النقط التى يراد رسمها على الماپوند بواسطة أعمدة على دائرة عظيمة من الكرة الارضية

والطريقة الثانية تسمى طريقة المنظور وهى عبارة عن منظور نصف كرة على الدائرة العظيمة المحددة لها فيه نقطة النظر فى طرف القطر العمودى على مستوى المسقط المقابل لنصف الكرة المعتبر

وسنشرح هاتين الطريقتين المستعملتين لرسم الخطوط الجانبية والموازيات المكونة للماپوند

٣٤٧ — طريقة المسقط العمادى — فى هذه الطريقة يؤخذ مستوى المسقط دائرة عظيمة من الكرة كدائرة جانبية أو خط الاستواء وحيث ان جميع نقط السطح الكروى مسقطة بأعمدة نازلة منها على مستوى المسقط ينتج

أولا — ان الدائرة التى مستويها عمود على مستوى المسقط تنسقط على خط مستقيم

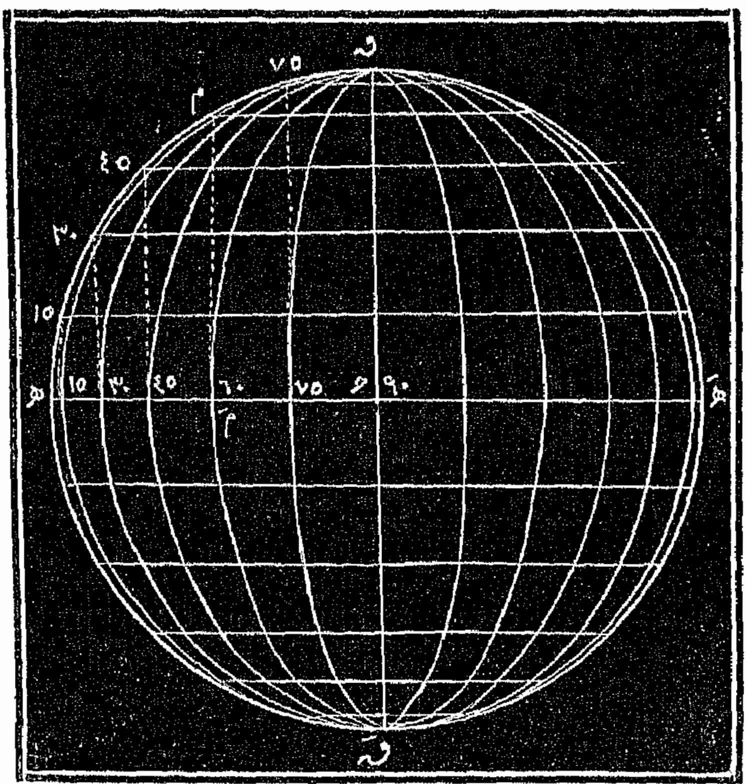
ثانيا — ان الدائرة التى مستويها موازٍ لمستوى المسقط تنسقط على دائرة نصف قطرها كنصف قطر الدائرة المسقطة

ثالثا — ان الدائرة التى مستويها مائل على مستوى المسقط تنسقط على قطع ناقص محوره الاكبر يساوى قطر الدائرة مضروبا فى جيب تمام زاوية ميل المستويين

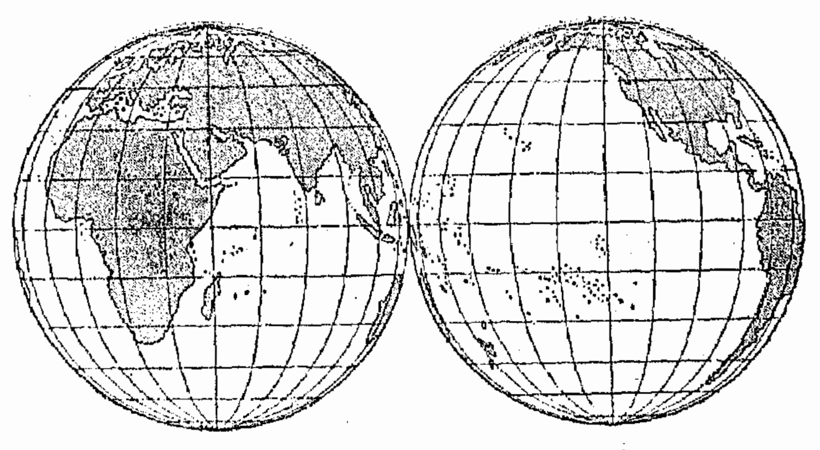
٣٤٨ — المسقط على دائرة جانبية — المستوى الجانبى الذى يسقط عليه هو دائرة عظيمة أحد أقطارها يدل على خط الاستواء وجميع الموازيات تنسقط على خطوط مستقيمة موازية لذلك القطر ولاجل رسمها يقسم نصف المحيط المحصور بين القطبين الى أقواس متساوية تدل على العروض من ٠° الى ١٠° أو من ١٥° الى ١٥° مثلا ثم يمد من جميع نقط التقاسيم خطوط مستقيمة موازية للمستقيم الدال على خط الاستواء

والمستوى الجانبى الكائن على بعد ٩٠° من مستوى المسقط يكون مبينا بقطر عمودى على خط الاستواء وطرفاه هما القطبان وجميع المستويات الجانبية الاخرى مساقطها اقطاعات ناقصة محورها الاكبر المشترك هو خط القطبين ويسهل تعيين المحور الاصغر لكل منها بان نتصور أن خط الاستواء انطبق على مستوى الشكل فأثرات المستويات الجانبية على هذا المستوى هى انصاف الاقطار التى مثل حم (شكل ١٢٤) فاذا أنزل العمود م مَ على هـ هـَ فنقطة مَ تكون هى مسقط نقطة م من المستوى الجانبى وخط حمَ يكون هو المحور الاصغر للقطع الناقص ويساوى جيب تمام طول المستوى الجانبى

وحيث علم المحور الاكبر والمحور الاصغر للقطع الناقص يمكن رسمه (شكل ١٢٤ و ١٢٥)



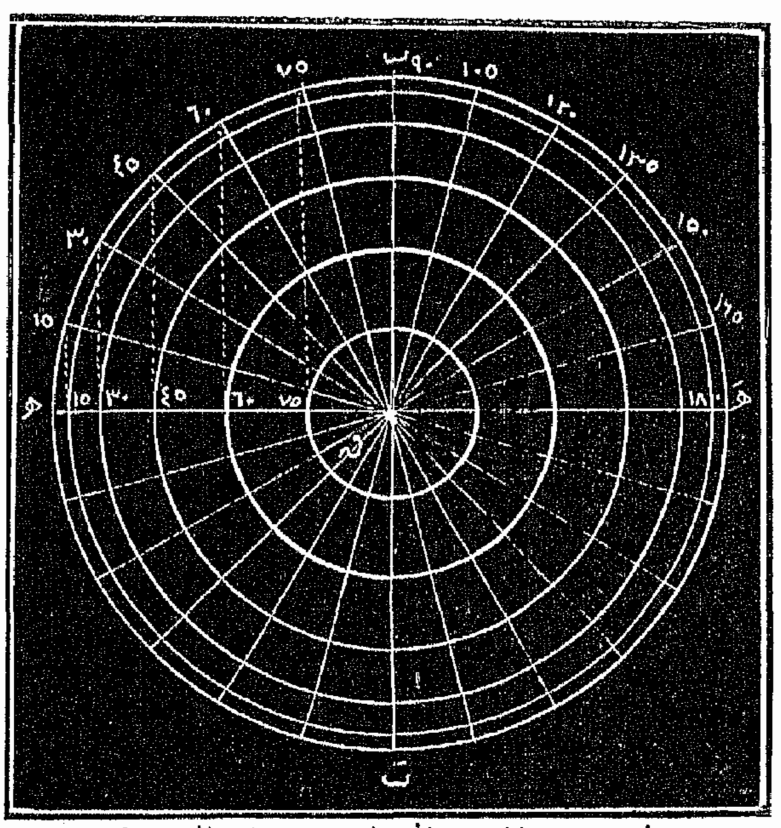

ش ١٢٤ المسقط العمادى على مستوى جانبى



ش ١٢٥ ماپموند المسقط العمادى على مستوى جانبى

٣٤٩ - المسقط على خط الاستواء - (شكل ١٢٦) اذا جعلت دائرة خط الاستواء مستوى مسقط لجميع المستويات الجانبية العمودية على مستوى خط الاستواء تكون مبينة بآثارها أعنى بانصاف أقطار دائرة الاستواء المذكورة فبقسمة خط الاستواء الى أقواس متساوية تقدر الاطوال ترسم الخطوط الدالة على المستويات الجانبية وأما الموازيات فانها

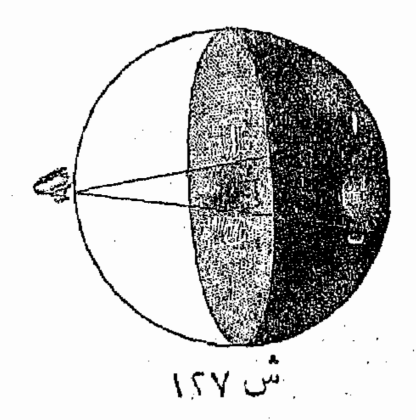
تسقط بمقاديرها الحقيقية على دوائر مركزها مركز دائرة مستوى المسقط وبفرض انطباق المستوى الجانبي هـ هـَ على مستوى المسقط تسقط على هـ هـَ نهايات الاقواس التي تدل حينئذ على عروض الموازيات المختلفة وهذا يرجع الى اخذ أطوال مساوية لانصاف أقطار هذه الموازيات بالابتداء من المركز]




ش ١٢٦ المسقط العمادى على خط الاستوا

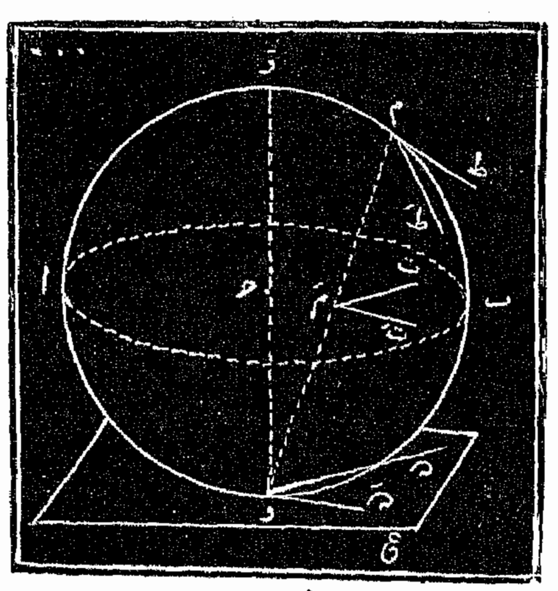
٣٥٠ - عيوب ومزايا طريقة المسقط العمادى - خط أطريقة المسقط العمادى يكون معدوما في المركز ويأخذ في الازدياد من المركز نحو الاطراف فالدائرة الصغيرة من الكرة تسقط في المركز بمقدارها الحقيقي وبمجرد تباعد مركزها عن النقطة التي هي أكثر ارتفاعا من نصف الكرة فان القطع الناقص الذي يكون مسقطا لها يستطيل شيأ فشيأ ومحوره الاكبر يبقى ثابتا لكن محوره الاصغر يأخذ في النقص كجيب تمام ميل مستوى الدائرة على مستوى المسقط وفي الاحرف يصير معدوما ومسقط الدائرة يؤول الى خط مستقيم والمساقط العمادية تغير حينئذ تشابه أشكال السطح وتغير المسائح كذلك ولا توافق حينئذ الا لبيان الاجزاء المركزية ولذا تستعمل لرسم الاقطار المجاورة للاقطاب وفي هذه الحالة يكون مستوى المسقط هو مستوى خط الاستواء

٣٥١ — المسقط بطريقة المنظور — في هذه الطريقة تستعمل الدائرة العظيمة التي تقسم الكرة الى نصفي كرتين مستوى مسقط لكل من النصفين المذكورين وطرفا قطر الكرة العمودي على مستوى المسقط هما نقطتا النظر والشعاع البصري الواصل لنقطة من السطح الكروي يخترق مستوى المسقط في نقطة تكون هي منظور النقطة الاولى . ومنظور خط حيثما اتفق من السطح هو تقاطع ذلك المستوى (مستوى المسقط) بالمخروط المتكون من جميع الاشعة البصرية الواصلة الى جميع نقط الخط ومتى كانت النقط المختلفة من خط في مستو واحد مار بنقطة النظر يكون منظور هذا الخط خطا مستقيما (شكل ١٢٧)


ش ١٢٧

والخاصية الاساسية لطريقة المنظور هي انها تحفظ الزوايا ولذا انها لا تغير تشابه الاشكال وانما تغير المسائح وهذه الخاصية تنحصر في ثلاث مسائل وهي التي تستعمل لانشاء المستويات الجانبية والموازيات

٣٥٣ — المسئلة الاولى — منظور خطين من السطح متقاطعين على زاوية ما هما خطان صانعان بينهما زاوية مساوية لها — ليكن ا ب (شكل ١٢٨) دائرة عظيمة هي مستوى المسقط ونقطة و هي نقطة النظر و م ط و م طَ المماسين للمنحنيين من السطح اللذين يتقاطعان في نقطة م وان ط م طَ هي الزاوية التي تقدر زاوية الخطين المعلومين في المسئلة" (ويتحصل على منظور م ط مثلا بمدّه الى ان يقابل مستوى المنظور ثم وصل نقطة التقابل بنقطة مَ) فمنظورها هي الزاوية تَ مَ تَ المتكونة بين منظوري المماسين والمستويات المحددة لهذه المنظورات تقطع سطح الكرة في قوسين



ش ١٢٨

من دائرة صغيرة يمران بنقطة النظر و فزاوية هذين القوسين تقدر بزاوية المماسين و ﻫ و و ﻫَ كزاوية المماسين م ط و م طَ لانه اذا امتد م ط و م طَ الى أن يقابلا المستوى المماس للكرة في نقطة و في نقطتين يتحصل ﻫ و و ﻫَ و ويحدث مثلثان م ﻫ و

و م ڡَ و فيهما ڡ و = ڡ م لانهما مماسان للكرة من نقطة واحدة و ڡَ و = ڡَ م كذلك و م و مشترك فتكون زاوية م = و أعنى

ڡ و ڡَ = ط م طَ (١)

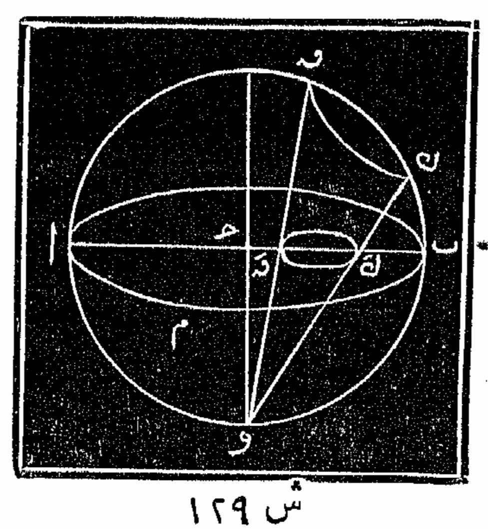
وحيث ان المنظورين مَ تَ و مَ تَ موازيان على الناظر للماسين الممدودين من و لان مستوى المسقط بالضرورة مواز المستوى المماس فى هذه النقطة الاخيرة يكون

ت م تَ = ڡ و ڡَ (٢)

ومن المتساويتين (١) و (٢) يحدث

ط م طَ = ت م تَ

٣٥٣ — المسئلة الثانية . منظور دائرة من الكرة هو دائرة — ليكن او ب (شكل ١٢٩) دائرة عظيمة من الكرة عمودية على مستوى المسقط و ا ب أثرها عليه ونقطة و هى نقطة النظر وتعتبر على نصف الكرة المقابل دائرة ى ل التى نفرضها فى مستو عمود على مستوى الشكل فالمخروط المتكون من الاشعة البصرية ى و ل يقطع مستوى المسقط فى منحن أثره على الشكل يكون هو الخط ىَ لَ ولاثبات ان هذا المنحنى هو دائرة كذلك يكفى اثبات ان مستوى المسقط ا ب يكون قطاع شبيه الموازى فى المخروط ى و ل ذى القاعدة المستديرة(١)



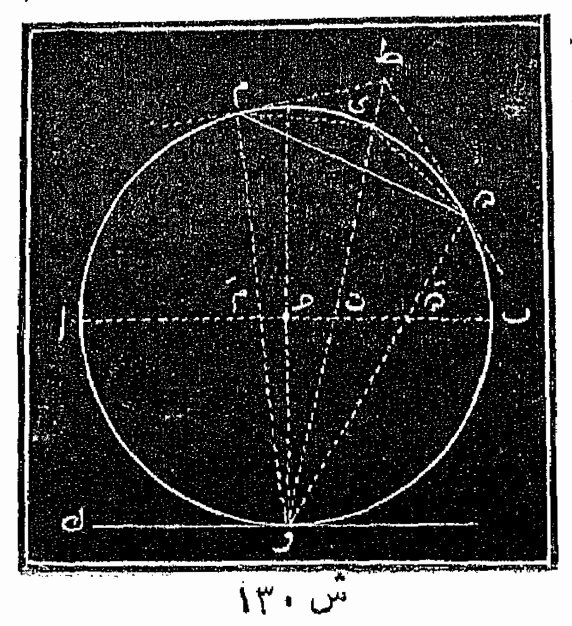
ش ١٢٩

لان الزاوية و ى ل معيارها نصف القوس و ب ل = $\frac{1}{2}$ (٩٠ + ب ل) والزاوية ا لَ و معيارها $\frac{ا و + ب ل}{٢}$ = $\frac{1}{2}$ (٩٠° + ب ل)
أعنى ان منظور الدائرة ى ل هو دائرة كذلك

---

(١) المقاطع الحادثة فى مخروط مائل ذى قاعدة مستديرة بمستويات موازية لهذه القاعدة هى بداهة محيطات دوائر غير انه اذا قطع المخروط بمستوى مائل على أحد الراسمين الاصليين بزاوية تساوى ميل قاعدة المخروط على راسمه الثانى فان المقطع الحادث يكون دائرة أيضا واثبات ذلك فى تطبيق الجبر على الهندسة تأليفنا

٣٥٤ - المسألة الثالثة . منظور دائرة هو دائرة مركزها منظور رأس المخروط المرسوم على الكرة على حسب محيط هذه الدائرة -



ش ١٣٠

ليكن م َ ن َ قطر دائرة المنظور فيكفي اثبات أن نقطة ت التي هي منظور نقطة ط هي وسط م َ ن َ (شكل ١٣٠)

فمن المثلث م َ و ت يتحصل

$$\frac{م َ ت}{و ت} = \frac{حا م َ و ت}{حا و م َ ت} = \frac{حا ط م ے}{حا م َ و ك}$$

$$= \frac{حا ط م ے}{حا م ے و} = \frac{ط ے}{م ط}$$

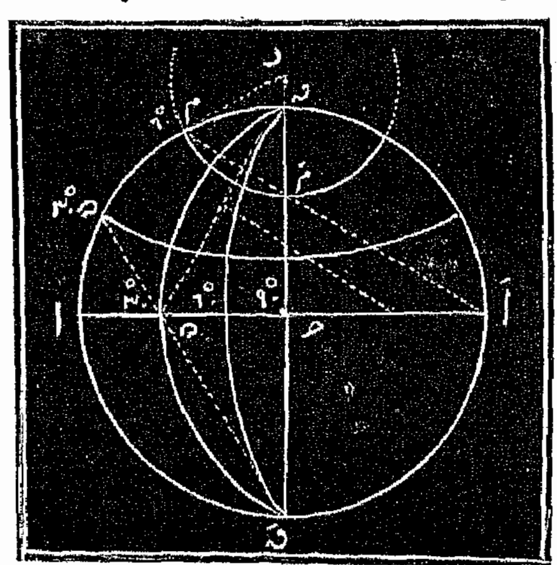
ومن المثلث و ت ن َ يتحصل كذلك

$$\frac{ن َ ت َ}{و ت} = \frac{حا ن َ و ت}{حا و ن َ ت} = \frac{حا ط ن ے}{حا ن ے و} = \frac{ط ے}{ن ط}$$

ويتحصل

$$\frac{م َ ت}{و ت} = \frac{ط ے}{م ط} \quad و \quad \frac{ن َ ت}{و ت} = \frac{ط ے}{ن ط} \quad \text{ويحدث} \quad م َ ت = ن َ ت$$

٣٥٥ - المسقط على مستوى جانبي - بناء على الثلاث مسائل التي أثبتناها يسهل رسم الخطوط الجانبية والموازيات الارضية للمسقط بطريقة المنظور ويؤخذ في الغالب كمستوى مسقط أحد المستويات الجانبية أو مستوى خط الاستواء وأحيانا مستوى أفق المحل وسنبين بالايجاز الانشاء الهندسي للرسم بكل من هذه الطرق مبتدئين بالمسقط على مستوى جانبي

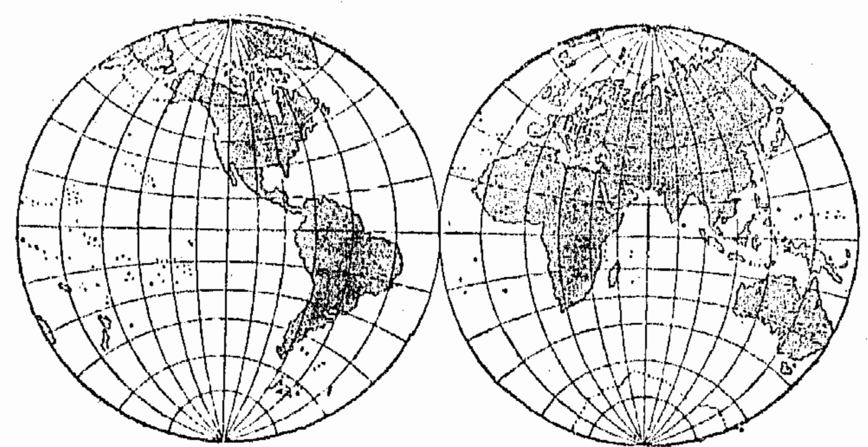


المسقط بطريقة المنظور على مستوى جانبي

ش ١٣١

ليكن ا ن ا َ ن َ (شكل ١٣١) الدائرة العظيمة الدالة على المستوى الجانبي ونقطة النظر موضوعة في أحد طرفي القطر العمودي على مستويه وموجودة في آن واحد في مستوى خط الاستواء وفي المستوى الجانبي

الكائن على بعد ٩٠° من الاول فمستوى خط الاستواء يبين بالمستقيم ا اَ والمستوى الجانبي العمودى على مستوى المنظور يبين بالقطر ن نَ العمودى على ا اَ و ن و نَ هما القطبان وللحصول على الدائرة التى تكون منظور الموازى حيثما اتفق وليكن موازى ٦٠° مثلا يلاحظ أن منظور المركز يوجد على خط القطبين الذى هو الجامع لرؤس جميع المخاريط المرسومة على الكرة وقواعدها تلك الموازيات وعلى المماس الممدود بنقطة قسم ٦٠° من المستوى الجانبي المعلوم لان نقطة و تكون فى مستوى المنظور ويكون منظورها نفسها وهى منظور رأس المخروط الذى قاعدته الموازى نمرة ٦٠ وعليه تكون هى مركز منظور الموازى المذكور وحينئذ تكون فى و التى هى تقاطع هذين الخطين



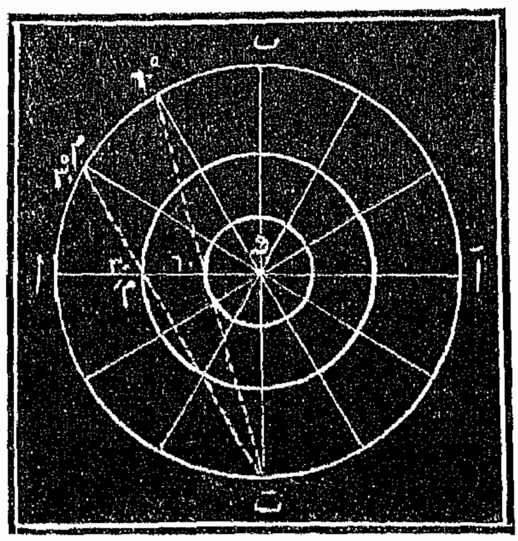
ش ١٣٢ ماپوند المسقط بطريقة المنظور على مستوى جانبي

ويمكن ايجاد المركز و بطريقة أخرى وهى ان نفرض انطباق المستوى الجانبي المشتمل على نقطة النظر على مستوى الشكل فهذه النقطة تصير اَ فنصل الشعاع البصرى الذى ينتهى الى القسم ٦٠° فهذا الخط يعطى فى مَ منظور النقطة التى فيها موازى ٦٠° يقطع المستوى الجانبي المشتمل على نقطة النظر والخط م مَ هو وتر الدائرة المبحوث عنها التى مركزها يوجد على العمود المقام من وسط الوتر المذكور

ولانشاء مسقط أحد المستويات الجانبية وليكن المستوى الجانبي ٣٠° مثلا يلاحظ ان القطبين ن و نَ هما نقطتان من هذا المسقط ويكفى حينئذ ايجاد نقطة ثالثة منه ولذا يفرض انطباق مستوى خط الاستواء على مستوى الشكل فنقطة النظر تصير فى نَ والنقطة التى فيها المستوى الجانبي المطلوب يقطع خط الاستواء تصير فى نقطة قسم ٣٠° بعد ا والشعاع البصرى نَ د يقطع ا اَ فى نقطة دَ تكون هى منظور النقطة الثالثة المبحوث عنها ويتم باقى الرسم على حسب قواعد الهندسة المعلومة

و (شكل ١٣٢) يبين ماپوند المسقط بطريقة المنظور على مستوى جانبي

٣٥٦ — المسقط على دائرة الاستواء — المسقط بطريقة المنظور على دائرة الاستواء يتحصل منه على سهولة فى عمل الرسم لان مركز الدائرة العظمية الدالة على مستوى خط الاستواء يكون هو منظور القطب (شكل ١٣٣) ولما كانت جميع الدوائر الجانبية عمودية على دائرة الاستواء ومارة بالقطبين أى بنقطة النظر فتكون مبينة بانصاف أقطار تصنع فيما بينهما زوايا مساوية لفروقات أطوالها المناظرة لها



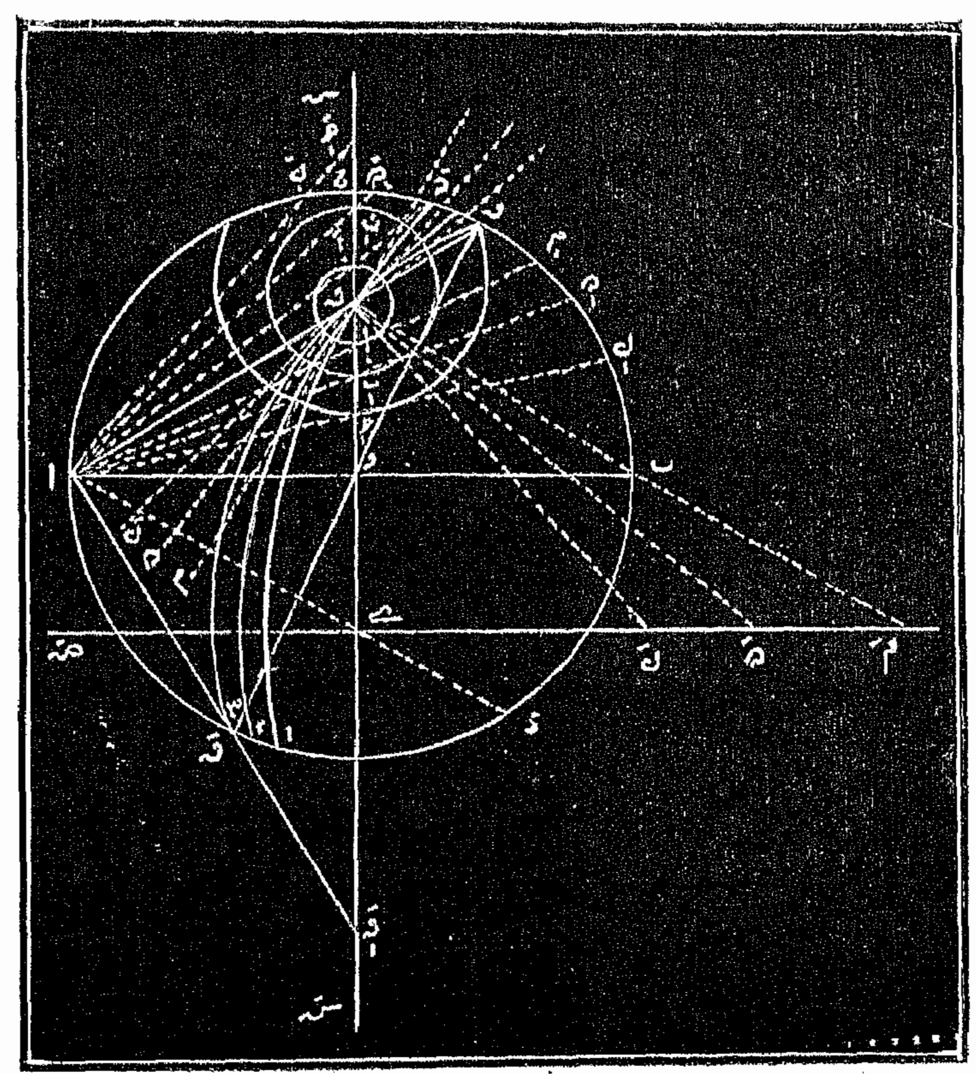
المسقط بطريقة المنظور على دائرة الاستوا

ش ١٣٣

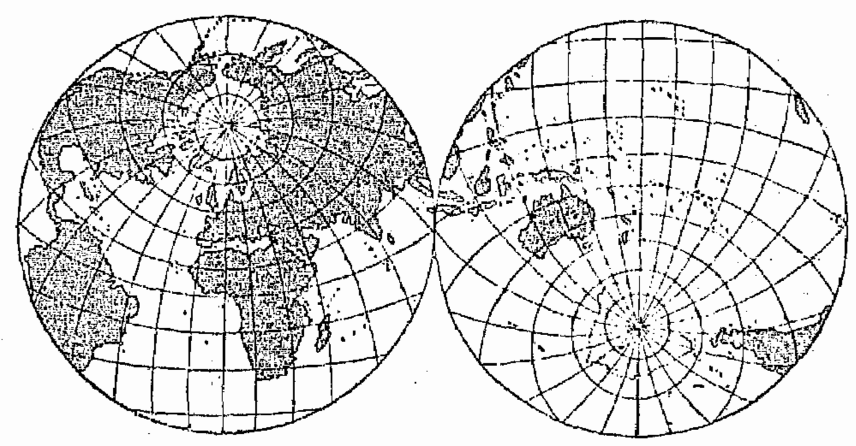
وأما الموازيات فهى دوائر متحدة المركز مركزها المشترك هو القطب ويكفى لرسمها الحصول على منظور نقطة من كل واحدة منها ويتحصل على ذلك بانطباق مستوى جانبى حيثما اتفق على مستوى الشكل فنقطة النظر تنطبق فى ت وبعد جلب أشعة بصرية من هذه النقطة الى النقط المختلفة من النمر التى تبين العروض على المستوى الجانبى المنطبق تحصل على أ أَ النقط المبحوث عنها التى مثل مَ

٣٥٧ — المسقط على الافق (شكل ١٣٤) — اذا أجرى المسقط على افق محل معلوم يكون هذا المحل مبينا عليه بالمركز و للخريطة وأما نقطة النظر فهى طرف القطر العمودى على الافق وهى عبارة عن النقطة المناظرة لذلك المحل والمستوى الجانبى يكون مبينا بالمستقيم س سَ الذى يجب ان يحتوى على منظور القطبين وللحصول عليهما يطبق المستوى الجانبى على مستوى الشكل فخط القطبين ينطبق فى ب بَ والزاوية ب و س تكون مساوية لعرض البلد وحيث ان نقطة النظر منطبقة فى ا فبعد ا ب و ا بَ يتحصل على المنظورين پ و پَ للقطبين والاول هو الموجود داخل دائرة المسقط فقط

وللحصول على مساقط الموازيات يقسم المستوى الجانبى المنطبق بالابتداء من ب الى أقواس متساوية من ١٠° الى ١٠° مثلا ثم توصل الاشعة البصرية ا م و ا دَ الى النقطتين م و دَ اللتين تختصان بموازواحد فالنقطتان أ و أَ تكونان هما منظورى هاتين النقطتين أعنى طرفى قطر من أقطار هذا الموازى وبرسم دائرة على أ أَ كقطر يتحصل على مسقط الموازى



ش ١٣٤



ش ١٣٥ ماپوند المسقط بطريقة المنظور على الافق

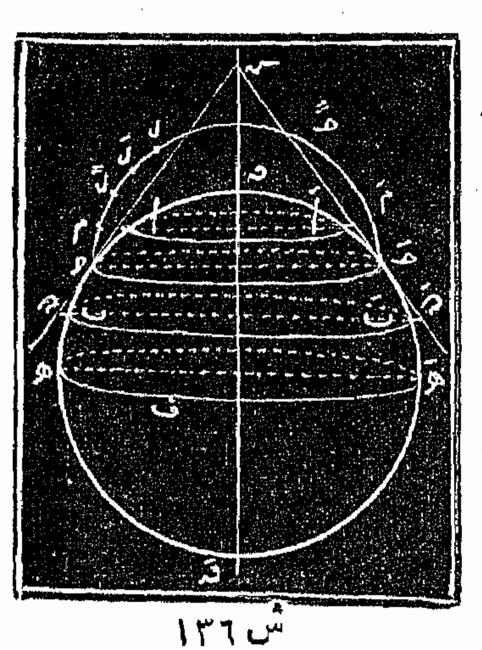
وللحصول على مساقط المستويات الجانبية يعلم ان مساقطها تصنع بين بعضها زوايا هى عين الزوايا التى تصنعها نفس المستويات الجانبية وبناء على ما تقدم اذا مد بالقطب ﻫ جملة مستقيمات تكون مع بعضها ومع سر سَ زوايا متساوية من ١٠° الى ١٠° مثلا تكون

هي منظورات مماسات للمستويات الجانبيــة الممدودة بالقطب . وحيث ان مساقط هــذه المســتويات الجانبيــة هي دوائر تمر بالنقطتين ب و ب فلرسمها يعين منتصف الخط ب ب وهي ـ عمود ص ص توجد عليه جميع مراكز منظور الدوائر الجانبية

و (شكل ١٣٥) يبين ماپوند المسقط بطريقة المنظور على الافق

٣٥٨ — مزايا وعيوب المسقط بطريقة المنظور — المزية الاصلية للمسقط بطريقة المنظور تنتج من خاصية هــذه الطريقــة وهي حفظ الزوايا و يتبعه تشابه المحيطات فالشكل الصغير جدا المرسوم على سطح الكرة مسقطه بطريقة المنظور شكل مشابه له لكن في نظير ذلك نسب السطوح متغيرة فبالقرب من مركز الخريطة مسقط طول ما هو خط أقل من نصفه وأما في جهة أطرافها فان ذلك المسقط يكون مساويا للخط المسقط تقريبا و يتبع ذلك ان المساحتين المتساويتين على الكرة مساقطهما على الخريطة مساحة يمكن أن تتغير من واحد الى أربعــة والمسقط بطريقة المنظور على مستوى جانبي مستعمل على الخصوص للماپوند الارضية

٣٥٩ — الانفراد المخروطي — ليكن ى هـ ى هـ (شكل ١٣٦) الخط الجانبي المتوســط أعني الموجود على بعدين متساويين من الخطين الجانبيــين المتطرفين من السطح المعتــبر وليكن كذلك هـ ف هـ خط الاستواء و ى و ى القطبين وليكن الجزء المطلوب بيانه محصورا بين العرضين هـ ب و هـ ا

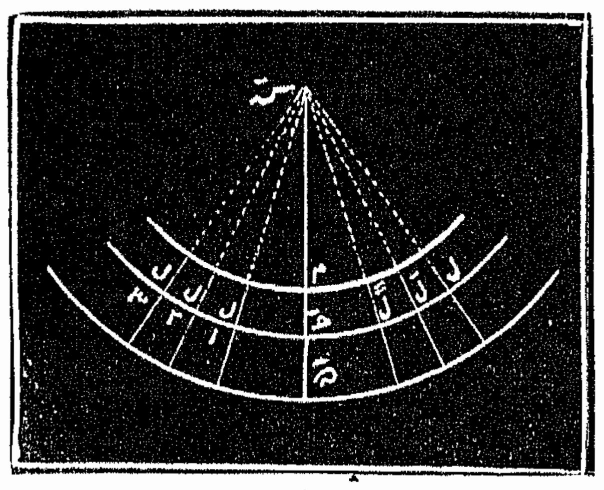


ش ١٣٦

فاذا رسم مخروط مماس للكرة في الموازي المتوسط حـ حـ فالمخروط الناقص م د م د المحصور بين مستويي الموازيين ب ب و ا ا يختلف قليلا عن المنطقة ا ب ا ب مادام طول القوس ا ب ليس ذا طول كبير وحينئذ يمكن بدون خطأ محسوس تعويض سطح المخروط الناقص القابل للانفراد بسطح المنطقة غير القابل له وفي هــذه الطريقة تكون الخطوط الجانبية مبينة برواسم مســتقيمة والموازيات باقواس من دوائر

٣٦٠ — انشاء الخريطة — ليكن حـ حـ انطباق الموازي حـ حـ على مستوى الخط الجانبي ى هـ ى هـ (شكل ١٣٦) فتعين على هذا الانطباق نقطة ل التي فيها

يقطع الخط الجانبي المتطرف الموازى حـَ والنقط لَ و لً و ... التى تدل على أوضاع خطوط جانبية أخرى يراد بيانها على الخريطة ثم يفرد بعد ذلك المخروط الناقص م ى م َ ى َ ولذا يرسم من نقطة ما مثل سَ كمركز (شكل ١٣٧) قوس نصف قطره سَ حـَ يساوى سـ حـ (شكل ١٣٦) فهذا القوس يدل على الموازى المتوسط والموازيات الأخرهى أقواس مركزها مركز القوس المذكور وانفرض رسم الموازيين المتطرفين فقط فيكون سَ مَ = سـ م و سَ ى َ = سـ ى فيؤخذ حـَ لَ و حـَ لِ كل منهما يساوى المقدار الحقيقى للقوس حـ ل وبواسطة سَ لَ و سَ لِ يتحصل على حدود الخريطة ثم بعد ذلك يمكن تعيين خطوط جانبية أخرى بأخذ كل من



ش ١٣٧

حـَ لَ و حـَ لِ و حـَ لً و حـَ لٍ يساوى المقدار الحقيقى للاقواس حـ لَ و حـ لً فاذا لزم أخذ خط الاستواء موازيا متوسطا يؤل المخروط المماس الى اسطوانة

٣٦١ — مزايا وعيوب طريقة الانفراد المخروطى — فى الانفراد المخروطى تتقاطع الخطوط الجانبية والموازيات على زاوية قائمة على الخريطة كما على الكرة الارضية والسطوح المجاورة للموازى المتوسط تكون قريبة من الضبط لكنها يعتريها تغير يصير أكثر ظهورا كلما ابتعدت عن الموازى المتوسط المذكور وبسبب هذا العيب قصر استعمال هذه الطريقة على الحالة التى فيها البلدان المطلوب بيانها محصورة بين موازيين متقاربين كثيرا

انتهى

---

بحمد الله وحسن توفيقه تم طبع هذا الكتاب الحسن المستطاب مصححا بمعرفة حضرة مؤلفه بالمطبعة الكبرى الاميرية فى ظل الحضرة الخديوية التوفيقية أدام الله غيوث انعامها على الرعية وحفظ انجالها الكرام بعينه التى لا تنام وكان تمام طبعه وحسن وضعه فى أواخر شهر رمضان المعظم عام ١٣٠٧ من هجرة النبى صلى الله عليه وسلم
مالاح بدر تمام وفاح مسك ختام

(فهرسة كتاب الاصول الوافيه في علم القسموغرافيه)

(تابع فهرسة كتاب الاصول الوافية في علم القسموغرافيه)



(تمت)